ORTAÖĞRETİM

KİMYA 11

Ders Kitabı

YAZARLAR

Mehtap GÜNTUT
Pınar GÜNEŞ
Serpil ÇETİN

T.C. MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI

HAZIRLAYANLAR

Editör
Yrd. Doç. Dr. Tufan GÜRAY

Dil Uzmanı
Selman ŞEN

Program Geliştirme Uzmanı
Zeki YILDIRIM

Ölçme ve Değerlendirme Uzmanı
Yrd. Doç. Dr. Çetin TERZİ

Rehberlik ve Gelişim Uzmanı
Hakan SÖZ

Görsel Tasarım Uzmanı
Nevrez AKIN

Grafik Tasarım Uzmanı
Canan SARAÇOĞLU



İSTİKLÂL MARŞI

Korkma, sönmez bu şafaklarda yüzen al sancak;
Sönmeden yurdumun üstünde tüten en son ocak.
O benim milletimin yıldızıdır, parlayacak;
O benimdir, o benim milletimindir ancak.

Çatma, kurban olayım, çehreni ey nazlı hilâl!
Kahraman ırkıma bir gül! Ne bu şiddet, bu celâl?
Sana olmaz dökülen kanlarımız sonra helâl.
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl.

Ben ezelden beridir hür yaşadım, hür yaşarım.
Hangi çılgın bana zincir vuracakmış? Şaşarım!
Kükremiş sel gibiyim, bendimi çiğner, aşarım.
Yırtarım dağları, enginlere sığmam, taşarım.

Garbın âfâkını sarmışsa çelik zırhlı duvar,
Benim iman dolu göğsüm gibi serhaddim var.
Ulusun, korkma! Nasıl böyle bir imanı boğar,
Medeniyyet dediğin tek dişi kalmış canavar?

Arkadaş, yurduma alçakları uğratma sakın;
Siper et gövdeni, dursun bu hayâsızca akın.
Doğacaktır sana va'dettiği günler Hakk'ın;
Kim bilir, belki yarın, belki yarından da yakın.

Bastığın yerleri toprak diyerek geçme, tanı:
Düşün altındaki binlerce kefensiz yatanı.
Sen şehit oğlusun, incitme, yazıktır, atanı:
Verme, dünyaları alsan da bu cennet vatanı.

Kim bu cennet vatanın uğruna olmaz ki feda?
Şüheda fışkıracak toprağı sıksan, şüheda!
Cânı, cânânı, bütün varımı alsın da Huda,
Etmesin tek vatanımdan beni dünyada cüda.

Ruhumun senden İlâhî, şudur ancak emeli:
Değmesin mabedimin göğsüne nâmahrem eli.
Bu ezanlar -ki şehadetleri dinin temeli-
Ebedî yurdumun üstünde benim inlemeli.

O zaman vecd ile bin secde eder -varsa- taşım,
Her cerîhamdan İlâhî, boşanıp kanlı yaşım,
Fışkırır ruh-ı mücerret gibi yerden na'şım;
O zaman yükselerek arşa değer belki başım.

Dalgalan sen de şafaklar gibi ey şanlı hilâl!
Olsun artık dökülen kanlarımın hepsi helâl.
Ebediyyen sana yok, ırkıma yok izmihlâl;
Hakkıdır hür yaşamış bayrağımın hürriyet;
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl!

Mehmet Âkif ERSOY

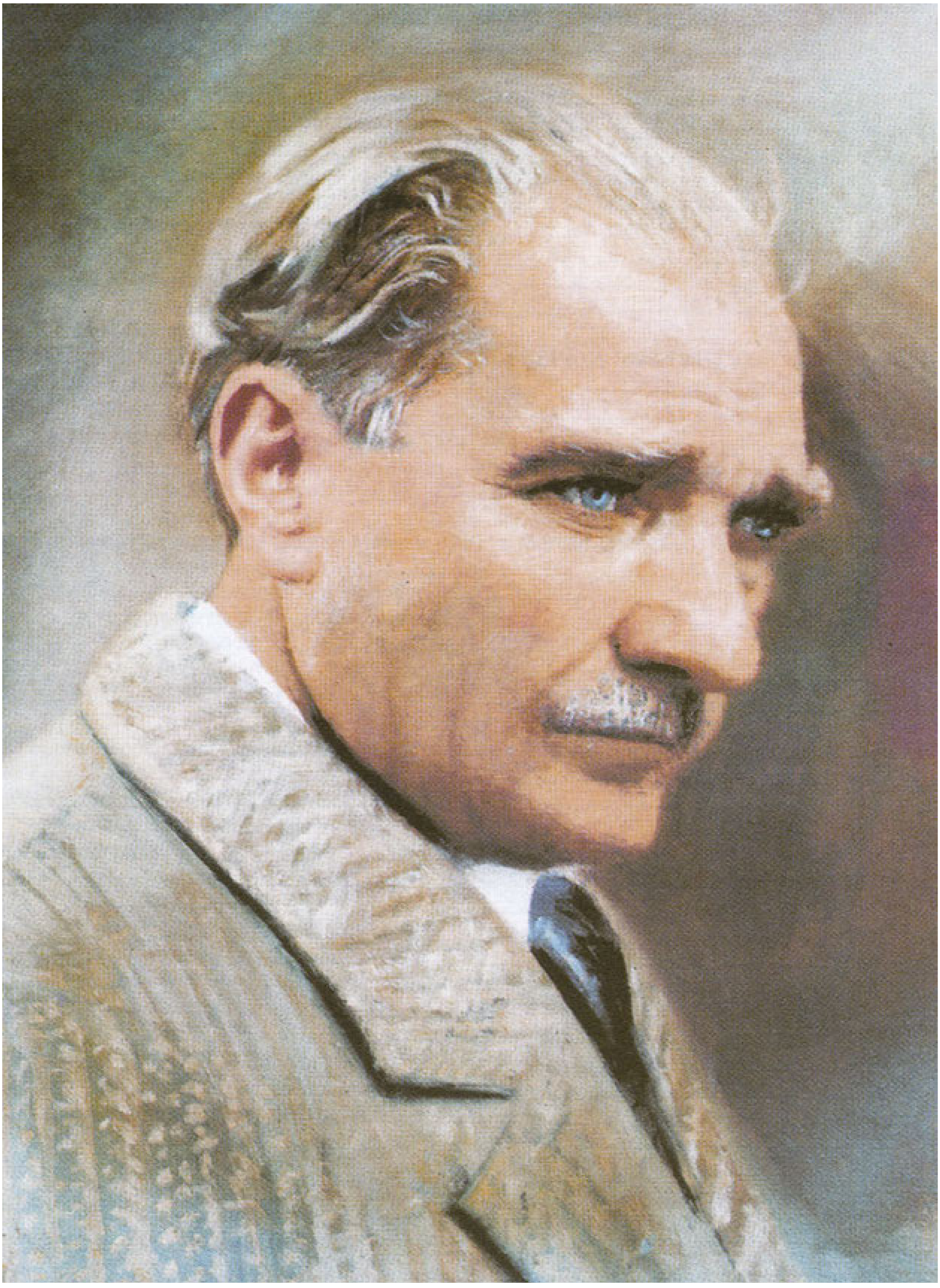
GENÇLİĞE HİTABE

Ey Türk gençliği! Birinci vazifen, Türk istiklâlini, Türk Cumhuriyetini, ilelebet muhafaza ve müdafaa etmektir.

Mevcudiyetinin ve istikbalinin yegâne temeli budur. Bu temel, senin en kıymetli hazinendir. İstikbalde dahi, seni bu hazineden mahrum etmek isteyecek dâhilî ve hâricî bedhahların olacaktır. Bir gün, istiklâl ve cumhuriyeti müdafaa mecburiyetine düşersen, vazifeye atılmak için, içinde bulunacağın vaziyetin imkân ve şeraitini düşünmeyeceksin! Bu imkân ve şerait, çok namüsait bir mahiyette tezahür edebilir. İstiklâl ve cumhuriyetine kastedecek düşmanlar, bütün dünyada emsali görülmemiş bir galibiyetin mümessili olabilirler. Cebren ve hile ile aziz vatanın bütün kaleleri zapt edilmiş, bütün tersanelerine girilmiş, bütün orduları dağıtılmış ve memleketin her köşesi bilfiil işgal edilmiş olabilir. Bütün bu şeraitten daha elîm ve daha vahim olmak üzere, memleketin dâhilinde iktidara sahip olanlar gaflet ve dalâlet ve hattâ hıyanet içinde bulunabilirler. Hattâ bu iktidar sahipleri şahsî menfaatlerini, müstevlîlerin siyasî emelleriyle tevhit edebilirler. Millet, fakr u zaruret içinde harap ve bîtap düşmüş olabilir.

Ey Türk istikbalinin evlâdı! İşte, bu ahval ve şerait içinde dahi vazifen, Türk istiklâl ve cumhuriyetini kurtarmaktır. Muhtaç olduğun kudret, damarlarındaki asil kanda mevcuttur.

Mustafa Kemal ATATÜRK



MUSTAFA KEMAL ATATÜRK

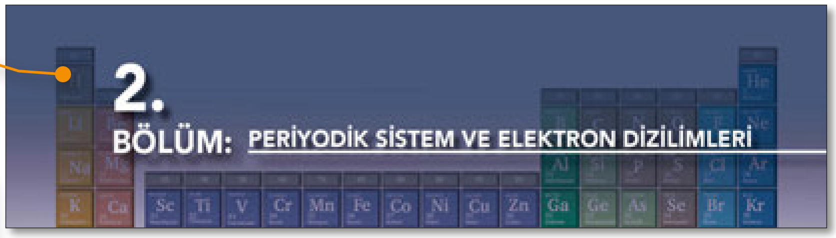
İÇİNDEKİLER

KİTABIN TANITIMI

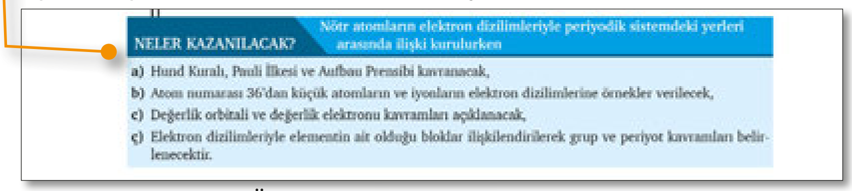


Her ünitenin başında o ünite ile ilgili görsel, ünitede geçen kavramlar ve ünitenin bölümlerinin ad ve görselleri verilmiştir.





Her bölümün başında o bölüm ile ilgili ilgi çekici görsel ve bölümde öğreneceğiniz konuların adları verilmiştir.

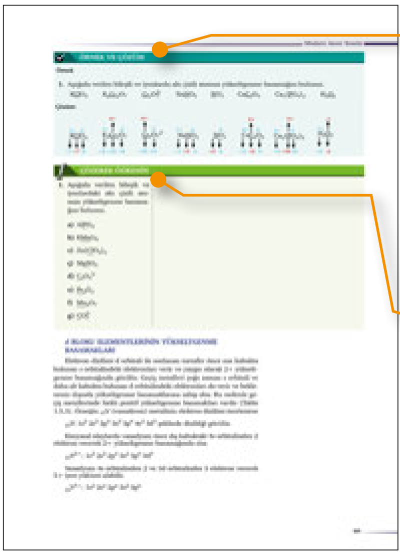


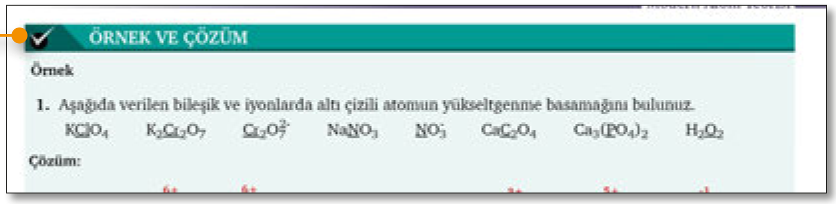
Bu bölümde Kimya Öğretim Programı doğrultusunda konu ile ilgili neler öğreneceğiniz hakkında bilgiler bulacaksınız.





Üniteye başlarken daha önce öğrendiğiniz bilgilerle öğreneceğiniz bilgiler arasında köprü oluşturmak amacıyla hazırlanmıştır.





ÖRNEK VE ÇÖZÜM

Örnek

1. Aşağıda verilen bileşik ve iyonlarda altı çizili atomun yükseltgenme basamağını bulunuz.

$KClO_4$ $K_2Cr_2O_7$ $Cr_2O_7^{2-}$ $NaNO_3$ NO_3^- CaC_2O_4 $Ca_3(PO_4)_2$ H_2O_2

Çözüm:

Her kazanımın sonuna o kazanımla ilgili bilimsel okuryazarlığınızı artırmanız ve öğrendiklerinizi pekiştirmeniz amacıyla hazırlanmıştır.



ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. Aşağıda verilen bileşik ve iyonlardaki altı çizili atomun yükseltgenme basamağını bulunuz.

a) $AlPO_4$

Konunun hemen arkasından konuyu pekiştirmek amacıyla hazırlanan örnek ve sorular bulunmaktadır.





ARAŞTIRINIZ

Artan enerji ihtiyacını karşılamaya yönelik temiz, ekonomik ve kullanışlı alternatif enerji kaynaklarını araştırarak çalışma oluşturunuz. Bu konuda bir poster hazırlayınız. Hazırladığınız posteri sınıf panosuna asarak arkadaşlarınızla paylaşınız.

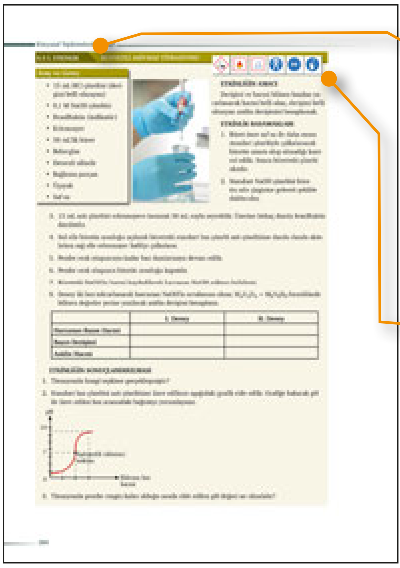
Konu ile ilgili bilgilerinizi derinleştirmek ve yeni durumlarda bu bilgilerden yararlanmanızı sağlamak amacıyla hazırlanmıştır.



BİLİYOR MUSUNUZ?

Yüksek enerjili, kararsız ortaklanmamış bir ya da daha fazla elektron içeren atom ya da atom gruplarına radikal denir. Radikaller ortaklanmamış elektronlarıyla birlikte ya da tek nokta ile gösterilir

Konu ile ilgili ilginç bilgilerle bilgi dağarcığınızı zenginleştirmek için hazırlanmıştır.





Kimyasal Tepkimelerde Denge

6.3.1. ETKİNLİK KUVVETLİ ASİT-BAZ TİTRASYONU

Bu bölüm laboratuvar ve sınıf etkinlikleri olarak sınıflandırılmıştır. Bazı etkinlikler bildiğiniz kavramlardan hareketle yeni kavramları keşfetmeniz, bazıları da yaparak, yaşayarak öğrenmeniz için hazırlanmıştır.



Bu bölüm yapılan laboratuvar etkinliği sırasında almanız gereken güvenlik önlemleri için hazırlanmıştır.





Kimyasal Tepkimelerde Hız

OKUMA PARÇASI

OKTAY SİNANOĞLU (25 Şubat 1935-19 Nisan 2015)

Görsel 5.2.9: Oktay SİNANOĞLU

Oktay Sinanoğlu kimyacı, moleküler biyofizikçi ve biyokimyacı olan Türk bilim insanıdır. Babasının Türkiye Başkonsolosluğundaki görevi nedeniyle İtalya'da doğdu. 1939 yılında II. Dünya Savaşı başlayınca ailesiyle İtalya'dan Türkiye'ye döndü.

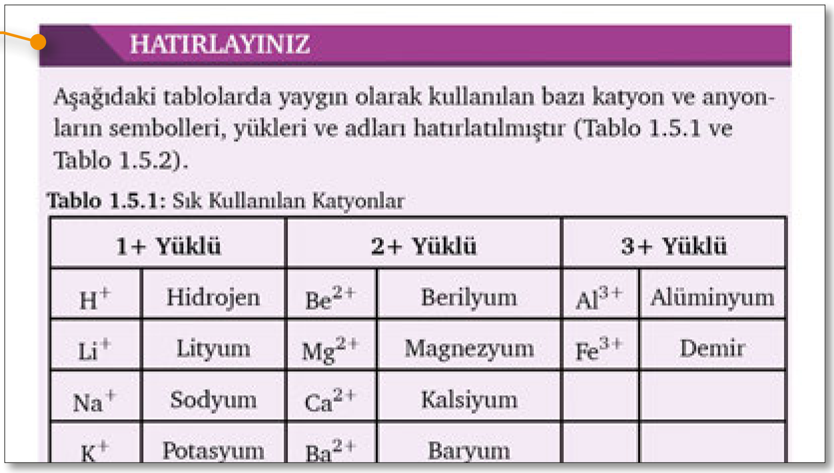
1953 yılında burslu öğrenci olarak ABD'ye gitti. 1956'da Kaliforniya Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölümünü dereceyle bitirdi. Yüksek lisansını 1957'de Massachusetts Teknoloji Enstitüsünde (MIT) 8 ayda tamamladı ve bilim dünyasının en önemli ödülü olan Sloan Araştırma Ödülü'nü kazandı. Berkeley'de kuramsal kimya alanında doktorasını tamamladı. 1960'ta Yale Üniversitesinde öğretim üyesi oldu.

"Türk Aynştaynı" olarak bilinen Sinanoğlu, uluslararası çapta tanınmış bir araştırmacıdır (Görsel 5.2.9). 1963 yılında 28 yaşında kimya alanında tam profesörlük hakkı kazanarak en genç profesör unvanının da sahibi olmuştur. Yale'nin son 300 yıllık tarihinde tam profesörlük unvanını alan üçüncü en genç öğretim üyesi olduğuna inanılmaktadır. (Görsel 5.2.10). 1964 yılında Yale Üniversitesinde Teorik Kimya Bölümünü kurdu.

1960'lı yıllarda moleküllerin elektronik yapısı üzerine geliştir-

Konu ile ilgili merak edebilecekleriniz hakkında Öğretim Programı doğrultusunda hazırlanmıştır.





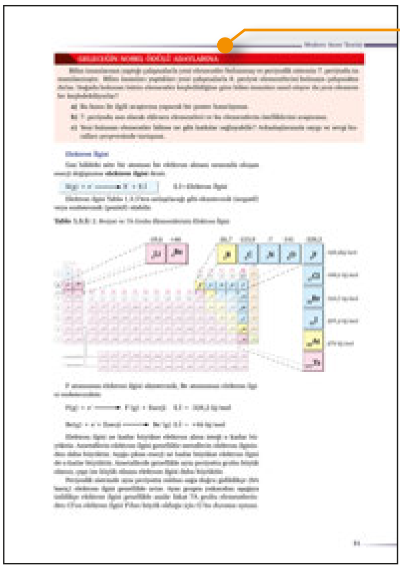
HATIRLAYINIZ

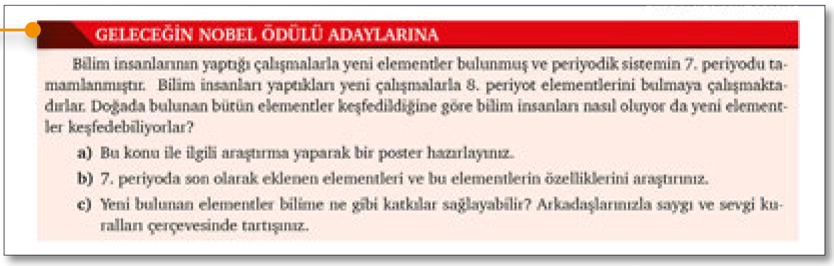
Aşağıdaki tablolarda yaygın olarak kullanılan bazı katyon ve anyonların sembolleri, yükleri ve adları hatırlatılmıştır (Tablo 1.5.1 ve Tablo 1.5.2).

Tablo 1.5.1: Sık Kullanılan Katyonlar

1+ Yüklü		2+ Yüklü		3+ Yüklü	
H^+	Hidrojen	Be^{2+}	Berilyum	Al^{3+}	Alüminyum
Li^+	Lityum	Mg^{2+}	Magnezyum	Fe^{3+}	Demir
Na^+	Sodyum	Ca^{2+}	Kalsiyum		
K^+	Potasyum	Ba^{2+}	Baryum		

Konu ile ilgili daha önceki bilgileri hatırlatmak amacıyla hazırlanmıştır.





GELECEĞİN NOBEL ÖDÜLÜ ADAYLARINA

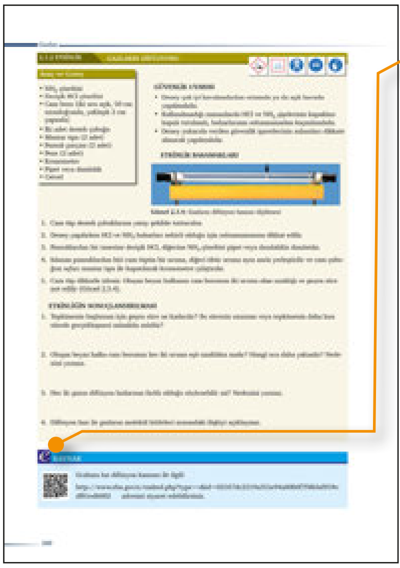
Bilim insanlarının yaptığı çalışmalarla yeni elementler bulunmuş ve periyodik sistemin 7. periyodu tamamlanmıştır. Bilim insanları yaptıkları yeni çalışmalarla 8. periyot elementlerini bulmaya çalışmaktadırlar. Doğada bulunan bütün elementler keşfedildiğine göre bilim insanları nasıl oluyor da yeni elementler keşfedebiliyorlar?

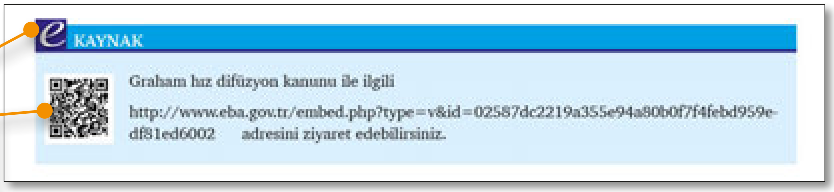
a) Bu konu ile ilgili araştırma yaparak bir poster hazırlayınız.

b) 7. periyoda son olarak eklenen elementleri ve bu elementlerin özelliklerini araştırınız.

c) Yeni bulunan elementler bilime ne gibi katkılar sağlayabilir? Arkadaşlarınızla saygı ve sevgi kuralları çerçevesinde tartışınız.

Konu ile ilgili yapabileceğiniz bilimsel araştırma ve deneyler hakkında yol göstermek amacıyla hazırlanmıştır.





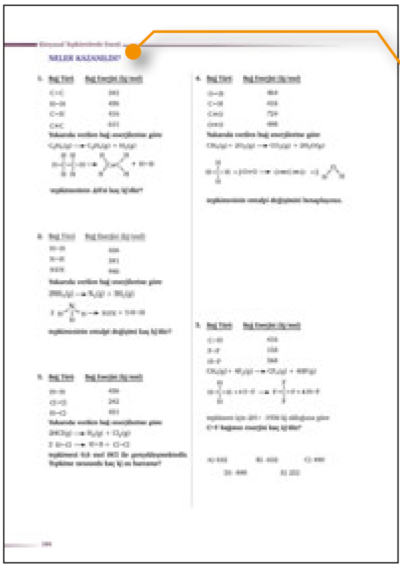
KAYNAK

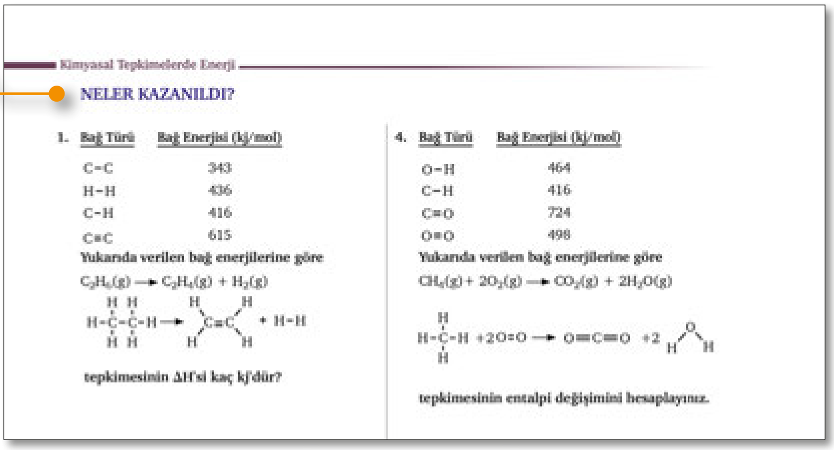
Graham hız difüzyon kanunu ile ilgili

http://www.eba.gov.tr/embed.php?type=v&id=02587dc2219a355e94a80b0f7f4febd959e-df81ed6002 adresini ziyaret edebilirsiniz.

Öğretim Programında yer alan konu ile ilgili video, animasyon gibi içeriklerin linkleri verilmiştir.

Etkileşimli kitap, video, ses, animasyon,uygulama,oyun,soru vb. ilave kaynaklara ulaşabileceğiniz karekodu gösterir. Haha fazlası için http://ogmmateryal.eba.gov.tr adresini ziyaret edebilirsiniz.





Kimyasal Tepkimelerde Enerji

NELER KAZANILDI?

1.

Bağ Türü	Bağ Enerjisi (kj/mol)
C–C	343
H–H	436
C–H	416
C=C	615

Yukarıda verilen bağ enerjilerine göre

$C_2H_6(g) \rightarrow C_2H_4(g) + H_2(g)$

tepkimesinin ΔH'si kaç kj'dür?

4.

Bağ Türü	Bağ Enerjisi (kj/mol)
O–H	464
C–H	416
C=O	724
O=O	498

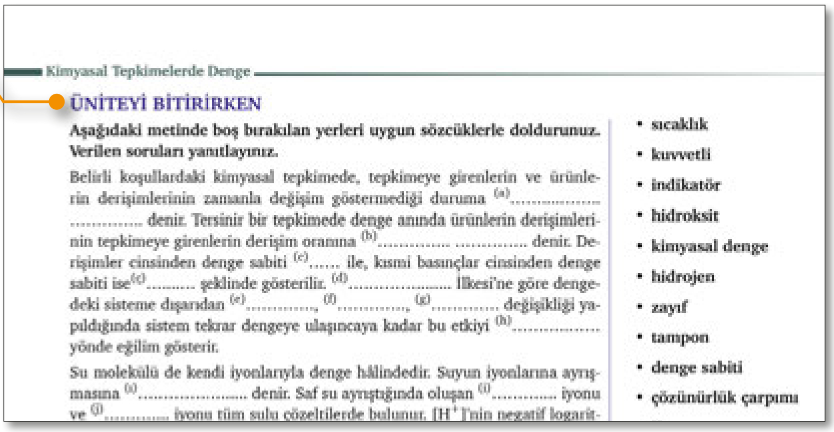
Yukarıda verilen bağ enerjilerine göre

$CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g)$

tepkimesinin entalpi değişimini hesaplayınız.

Her bölümün sonuna o bölüm ile ilgili farklı tarzlarda sorular hazırlanmıştır. Bu soruları çözerek ilgili bölümdeki kazanımları öğrenmeniz hedeflenmiştir.





Kimyasal Tepkimelerde Denge

ÜNİTEYİ BİTİRİRKEN

Aşağıdaki metinde boş bırakılan yerleri uygun sözcüklerle doldurunuz. Verilen soruları yanıtlayınız.

Belirli koşullardaki kimyasal tepkimede, tepkimeye girenlerin ve ürünlerin derişimlerinin zamanla değişim göstermediği duruma (a).................. .... denir. Tersinir bir tepkimede denge anında ürünlerin derişimlerinin tepkimeye girenlerin derişim oranına (b).............. .... denir. Derişimler cinsinden denge sabiti (c)...... ile, kısmi basınçlar cinsinden denge sabiti ise(c)......... şeklinde gösterilir. (d)...................... İlkesi'ne göre dengedeki sisteme dışarıdan (e)............., (f)............., (g)............. değişikliği yapıldığında sistem tekrar dengeye ulaşıncaya kadar bu etkiyi (h)................. yönde eğilim gösterir.

Su molekülü de kendi iyonlarıyla denge hâlindedir. Suyun iyonlarına ayrışmasına (ı)...................... denir. Saf su ayrıştığında oluşan (i)............ iyonu ve (j)............ iyonu tüm sulu çözeltilerde bulunur. [H⁺]'nin negatif logarit-

- sıcaklık
- kuvvetli
- indikatör
- hidroksit
- kimyasal denge
- hidrojen
- zayıf
- tampon
- denge sabiti
- çözünürlük çarpımı

Her ünitenin sonuna o ünite ile ilgili, PISA tarzı, açık uçlu, metin boşluk doldurma, çoktan seçmeli gibi farklı tarzlarda sorular hazırlanmıştır. Bu soruları çözerek hem ilgili kazanımları öğrenmeniz hem de bilimsel okuryazarlığınızı artırmanız hedeflenmiştir.

KİTAPTA KULLANILAN BİRİMLERİN KISALTMALARI

akb	....	atomik kütle birimi
atm	....	atmosfer
^oC	....	derece celcius
cm	....	santimetre
dk	....	dakika
g	....	gram
K	....	kelvin
kj	....	kilojoule
L	....	litre
mL	....	mililitre
mol	....	mol

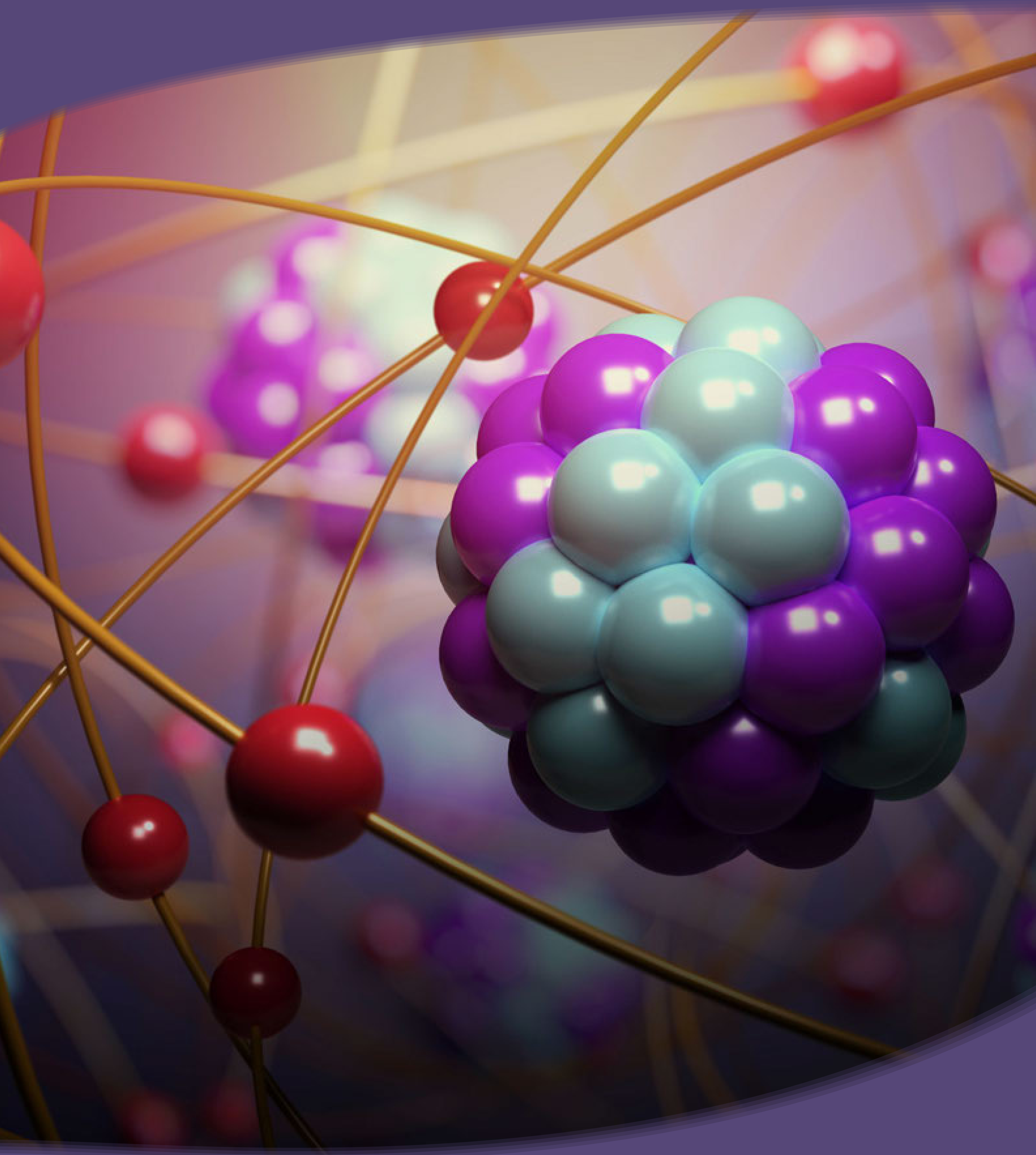
KİTAPTA KULLANILAN KISALTMALAR

A	....	kütle numarası	P	....	basınç (gaz basıncı)
DNA	....	deoksiribo nükleik asit	p^+	....	proton sayısı
e^-	....	elektron sayısı	s	....	sıvı
g	....	gaz	t	....	sıcaklık (^oC)
IUPAC	....	Uluslararası Temel ve Uygulamalı Kimya Birliği	T	....	mutlak sıcaklık (K)
k	....	katı	V	....	hacim
n	....	mol	Z	....	atom numarası
n^0	....	nötron sayısı	δ	....	kısmi yük

GÜVENLİK İŞARETLERİ

EL GÜVENLİĞİ  Bu piktogram, işlemlerde zararlı kimyasal maddelerin ve ya sıcak yüzeylerin olduğunu gösterir. Eldiven kullanılmalıdır.	**ELEKTRİK TEHLİKESİ**  Bu piktogram, işlemlerde şehir elektriğinin kullanılacağını gösterir. İletken uçlara dokunulmamalıdır. Gerekli önlemler alınmalıdır.
GÖZ GÜVENLİĞİ  Bu piktogram, işlemlerde göz sağlığı için zararlı maddelerin kullanılacağını gösterir. Gözlük kullanılmalıdır.	**ÇEVREYE ZARARLI (EKOTOKSİK)**  Bu piktogram, işlemlerde doğaya zarar veren maddelerin kullanılacağını gösterir. Bu maddeler kontrolsüz atılmamalıdır.
ELBİSE GÜVENLİĞİ  Bu piktogram, işlemlerde kıyafetlere zarar verici maddelerin kullanılacağını gösterir. Önlük ya da tulum kullanılmalıdır.	**KOROZİF (AŞINDIRICI)**  Bu piktogram, işlemlerde metalleri ve dokuları aşındırıcı maddelerin kullanılacağını gösterir. Gerekli önlemler alınmalıdır.
SOLUNUM GÜVENLİĞİ  Bu piktogram, işlemlerde kimyasal tepkimeler sonucu gazlar oluşabileceğini gösterir. Maske kullanılmalıdır.	**TOKSİK (ZEHİRLİ)**  Bu piktogram, işlemlerde zehirli kimyasalların kullanılacağını gösterir. Maddeler vücuda temas ettirilmemeli, zehirlenme belirtileri görülürse tıbbi yardım alınmalıdır.
KESİCİ/DELİCİ CİSİM  Bu piktogram, işlemlerde kesici/delici araçların kullanılacağını gösterir. Dikkatli olunmalıdır.	**RADYOAKTİF**  Bu piktogram, radyasyon tehlikesi olan yerlerde ve maddelerin üzerinde bulunur. Radyoaktif maddeler kanserojen etki yapabilir. Bu işaretin olduğu yer ve maddelerden uzak durulmalıdır.
SICAK CİSİM  Bu piktogram, işlemlerde bir ısıtıcı ya da sıcak bir yüzeyin olduğunu gösterir. El, ayak ve diğer organların yanmaması için gerekli önlemler alınmalıdır.	**OKSİTLEYİCİ, YAKICI**  Bu piktogram, işlemlerde kolay yanabilen maddelerin kullanılacağını gösterir. Bu maddeler ateşten uzak tutulmalıdır.
KIRILABİLİR CAM  Bu piktogram, işlemlerde kırılabilecek malzemelerin kullanılacağını gösterir. Cam malzemeler aşırı ısıtılmamalı ve ani sıcaklıklara maruz bırakılmamalıdır.	**PATLAYICI**  Bu piktogram, işlemlerde patlama özelliği olan maddelerin kullanılacağını gösterir. Bu maddeler tutuşturuculardan uzak tutulmalıdır.
YANGIN  Bu piktogram, işlemlerde yangın çıkarabilecek malzemelerin kullanılacağını gösterir. Gerekli önlemler alınmalıdır.	**TAHRİŞ EDİCİ**  Bu piktogram, işlemlerde alerjik deri reaksiyonlarına neden olabilecek ve ozon tabakasına zarar verebilecek maddelerin kullanılacağını gösterir. Koruyucu elbise giyilmelidir.

1. ÜNİTE MODERN ATOM TEORİSİ





ANAHTAR KAVRAMLAR

* Atom
* Atom Modeli
* Aufbau Prensibi
* Değerlik Elektronu
* Değerlik Orbitali
* Elektron Dizilimi
* Elektron İlgisi
* Elektronegatiflik
* Enerji Düzeyi (Katman)
* Hund Kuralı
* İyonlaşma Enerjisi
* Kuantum Sayıları
* Küresel Simetri
* Orbital (Dalga Fonksiyonu)
* Pauli İlkesi
* Periyodik Sistem
* Teori
* Yörünge
* Yükseltgenme Basamağı

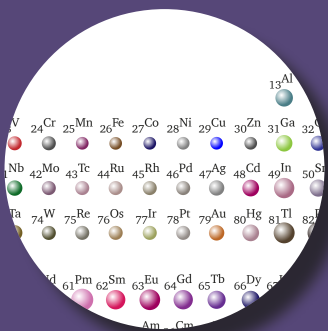
BÖLÜMLER



ATOMUN KUANTUM MODELİ



PERİYODİK SİSTEM VE ELEKTRON DİZİLİMLERİ



PERİYODİK ÖZELLİKLER



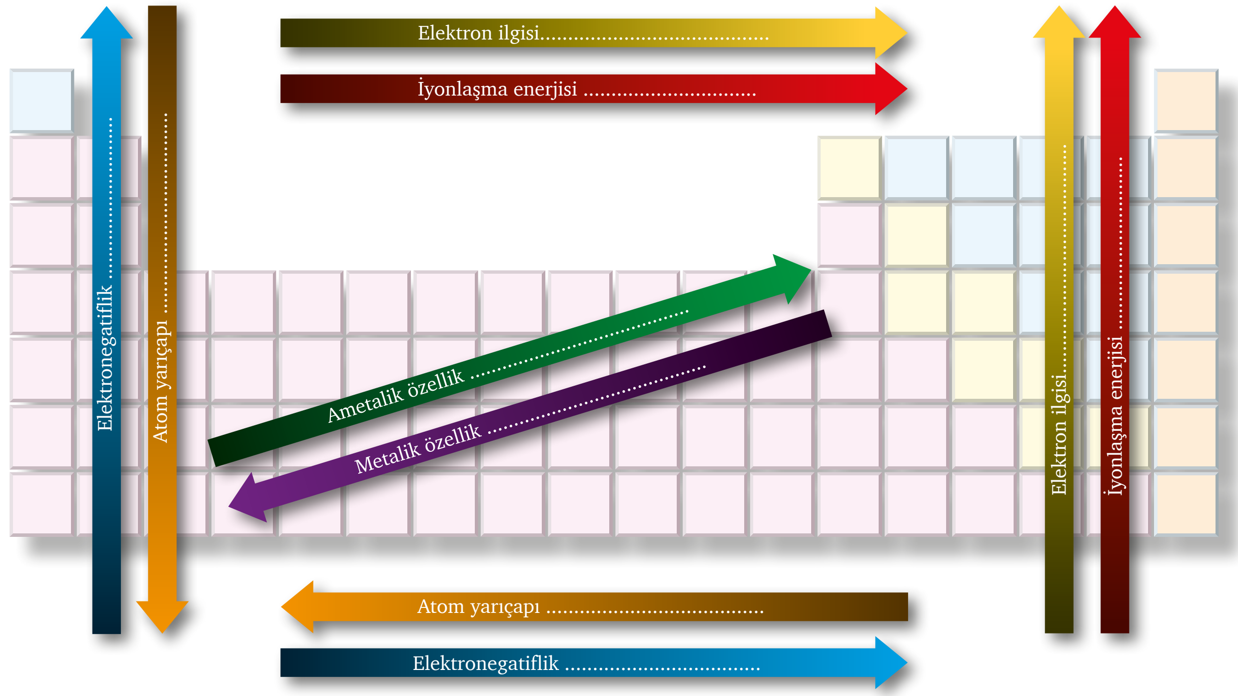
ELEMENTLERİ TANIYALIM



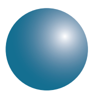
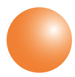
YÜKSELTGENME BASAMAKLARI

ÜNİTEYE BAŞLARKEN

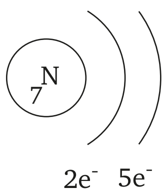
1. Periyodik sistem üzerinde okların içindeki periyodik özelliklerin ok yönünde artma-azalma eğilimini yanındaki boşluklara yazınız.

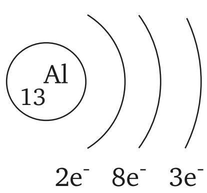


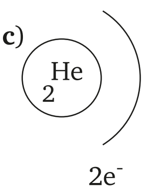
2. Aşağıda verilen atomları, atom çaplarını sembolize eden görsellerle eşleştiriniz.

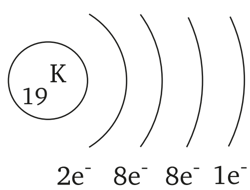
I. $_{4}$Be	( )**a** 
II. $_{12}$Mg	( )**b** 
III. $_{20}$Ca	( )**c** 

3. Katman elektron dizilimi verilen elementlerin periyodik sistemdeki yerlerini bulunuz.

a) 

b) 

c) 

ç) 

1. BÖLÜM: ATOMUN KUANTUM MODELİ

NELER KAZANILACAK?	Atom kuantum modeliyle açıklanırken

a) Bohr atom modelinin deney ve gözlemlerden elde edilen bulguları açıklamadaki sınırlılıkları vurgulanacak, modern atom teorisinin (bulut modelinin) önemi üzerinde durulacak,
b) Tek elektronlu atomlar veya iyonlar için orbital kavramı elektronların bulunma olasılığı ile ilişkilendirilecek,
c) Yörünge ve orbital kavramları karşılaştırılacak,
ç) Kuantum sayıları orbitallerle ilişkilendirilecek,
d) Çok elektronlu atomlarda orbitallerin enerji seviyeleri açıklanacaktır.

1.1.1. ATOMUN KUANTUM MODELİ



Görsel 1.1.1: Uzun pozlanmış fotoğraf karesi



Görsel 1.1.2: Kısa pozlanmış fotoğraf karesi

Fotoğrafçılıkta hareketli cisimlerin fotoğraflarını çekmek için iki yöntem vardır: Bunlardan birisi nesnenin hareketinin dondurulduğu kısa (anlık) pozlama, diğeri ise cismin hareketinin ve hızının yansıdığı uzun pozlamadır (Görsel 1.1.1). Fotoğraf kısa pozlanırsa cismin yeri hakkında bilgi edinilir fakat hızı hakkında bilgi edinilemez (Görsel 1.1.2). Uzun pozlanırsa cismin hızı hakkında bilgi edinilir fakat kesin yeri tespit edilemez.

Bohr (Bor) atom modeline göre elektronlar dairesel yörüngelerde bulunur. Elektron hareketli bir tanecik olduğuna göre elektronun da yeri ve hızı aynı anda ölçülemez (Heisenberg Belirsizlik İlkesi). O hâlde Bohr atom modelinin atomun yapısını açıklamada yetersiz kaldığı bazı durumlar vardır. Bu durumlardan bahsedebilmek için atomun yapısı hakkındaki bazı bilimsel çalışmalar ile Bohr atom modeli kısaca hatırlanmalıdır.

1873 yılında **James Clerk Maxwell** (Ceyms Klerk Meksvel) ışığın elektromanyetik dalgalardan oluştuğunu ve elektromanyetik ışımayı açıklamıştır.

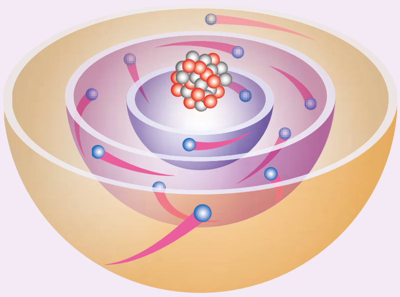
Katılar ısıtıldığında geniş dalga boyu aralığında elektromanyetik ışıma yayar. Bu, ışımanın enerjisinin dalga boyuna bağlı olduğunu gösterir.

1900 yılında **Max Planck** (Maks Plank) atomların ve moleküllerin enerjiyi küçük paketler (kuant) hâlinde yayınlayıp soğurabildiğini (atomların yayılma spektrumları) açıklamıştır.

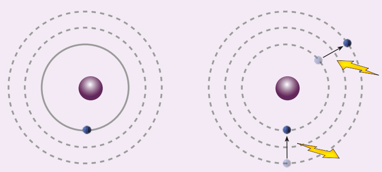
1905 **Albert Einstein** (Albert Aynştayn) metal yüzeyine belli frekansta ışık düşürüldüğünde metal yüzeyden elektron fırlamasını (fotoelektrik olayı) açıklamıştır.

1913 **Niels Bohr** (Niıls Bor) ve Maxwell'in çalışmaları ışığın dalga, Planck ve Einstein'ın çalışmaları ise ışığın parçacık özelliği gösterdiğini ortaya koymuştur.

HATIRLAYINIZ



Görsel 1.1.3: Bohr (yörüngeli) atom modeli



a) b)

Görsel 1.1.4: a) Hidrojen atomunun temel hâli
b) Hidrojen atomunun absorbsiyon ve emisyonu

1. Yörüngeli model olarak da bilinen Bohr atom modeline göre
   - Elektronlar çekirdekten belirli uzaklıkta ve belirli enerjiye sahip yörüngelerde bulunur. Bu yörüngelere **enerji düzeyi** (seviyesi), **katman** veya **kabuk** denir (Görsel 1.1.3).
   - Enerji düzeyi bir tam sayı ile belirtilir. Çekirdeğe en yakın enerji düzeyi 1 olmak üzere sayı (n = 1, 2, 3, 4...) veya harflerle (n=K, L, M, N...) ifade edilir. Çekirdeğe en yakın kabuk minimum, en uzaktaki kabuk maksimum enerjiye sahiptir.
   - Temel hâlde atom kararlıdır ve ışın yaymaz (Görsel 1.1.4.a).
   - Elektronun dışarıdan enerji alarak daha yüksek enerji düzeyine geçmesine **atomun uyarılmış hâli** denir (Görsel 1.1.4.b). Atom uyarılmış hâlde kararsızdır. Kararlı olmak için düşük enerjili temel hâle geçer. Temel hâle geçerken aldığı enerjiyi ışıma olarak geri verir.
   - Yayılan ışığın enerjisi, iki enerji düzeyi arasındaki enerji farkına eşittir. Işığın enerjisi, $\Delta E = E_{yüksek} - E_{düşük}$ formülüyle hesaplanır.
   - Bohr, atomun yapısının anlaşılmasına büyük katkılar sağlamış ve elektron enerjilerinin kuantlaşmış olduğunu göstermiştir.

   Bohr'un bu görüşü tartışmasız kabul görmüştür ancak açıklamada yetersiz kaldığı konular olmuştur.

2. Madde tarafından yayılan ve soğrulan elektromanyetik ışınların frekanslarına ve dalga boylarına göre düzenlenmesinden oluşan ışın dizisi analizine **spektrum** denir (Görsel 1.1.5.a, b). Atomlar üzerinde yapılan deneysel çalışmalar her bir atomun emisyon spektrumunun birbirinden farklı olduğunu göstermiştir. Bu nedenle spektrumlar maddenin kendisine özgüdür.

a)
b)



Görsel 1.1.5: Hidrojen atomunun görünür bölge,
a) Absorbsiyon spektrumu
b) Emisyon spektrumu

BOHR ATOM MODELİNİN SINIRLILIKLARI

Bohr atom modeli, hidrojen atomunun spektrumunu ve hidrojen atomu gibi tek elektrona sahip iyonların ($_{2}He^{+}$, $_{3}Li^{2+}$) spektrumlarını açıklar. Ancak çok elektronlu atomların spektrumunu açıklamada yetersizdir. Hidrojenin ışıma spektrumu, manyetik alanda incelendiğinde oluşan spektrumda bazı farklar gözlemlenir. Tek renge ait bir çizgi gibi görünen dalga boylarının yanında birbirine yakın alt çizgiler ve bazı parlak çizgiler vardır. Bohr modeli bu alt çizgileri ve bazı çizgilerin neden daha parlak olduğunu açıklayamamıştır.

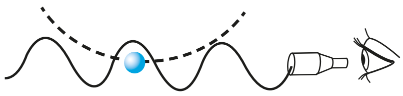
Bohr atom modelinde elektronlar dairesel yörüngelerde bulunur. Elektronlar yörüngeyi takip ederek dairesel hareket eder. Fizik kurallarına göre çekirdek çevresindeki dairesel yörüngelerde belli bir hızla dönen elektronlar, sarmal hareket ederek hızla çekirdeğe yaklaşmalı ve sonunda çekirdeğe düşmelidir. Fakat elektronlar çekirdeğe düşmemektedir. Bohr, elektronun çekirdeğe düşmeme nedenini elektronun yalnızca belli bir enerjiye sahip olan belirli yörüngede bulunabileceği görüşü ile açıklamaktadır. Fakat elektronun bu yörüngenin dışında neden bulunamayacağını açıklayamamıştır. Bohr atom modelinin deney ve gözlemlerden elde edilen bulguları açıklamadaki sınırlılıkları nedeniyle modern atom teorisi ortaya atılmıştır.

MODERN ATOM MODELİ VE ORBİTAL KAVRAMI

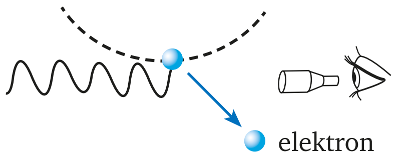
1924 yılında Louis De Broglie (Luis Dö Brogli), ışık dalgalarının foton gibi davranabilmesinden yola çıkarak elektron gibi parçacıkların da dalga özelliği gösterdiğini belirtmiştir.

1927 yılında Werner Heisenberg (Vernır Hayzınbörg), elektronların konumlarını ve hızlarını saptayabilmek için yaptığı çalışmalar sonucunda elektronun konumunun ve hızının aynı anda belirlenemeyeceğini bulmuştur (Heisenberg Belirsizlik İlkesi).

Heisenberg, dalga ve tanecik özelliği gösteren elektronların konumlarını ve hızlarını saptayabilmek için uzun dalga boylu ışın kullandığında elektronun konumundaki belirsizliğin yüksek olduğunu (Görsel 1.1.6), kısa dalga boylu ışın kullandığında ise elektronun hızındaki belirsizliğin yüksek olduğunu gözlemlemiştir (Görsel 1.1.7).



Görsel 1.1.6: Elektronu gözlemlemek için uzun dalga boylu ışın kullandığında elektronun konumundaki belirsizlik yüksek olur.



Görsel 1.1.7: Elektronu gözlemlemek için kısa dalga boylu ışın kullanıldığında fotonun enerjisi elektrona aktarılır, hızı ve yönü değişebilir.

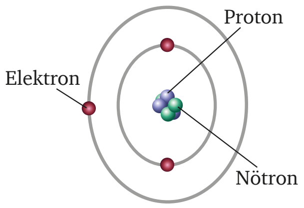
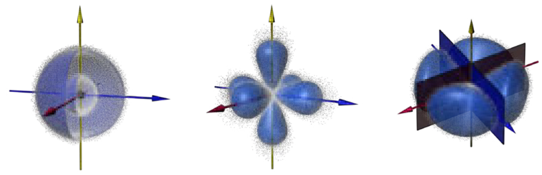
Heisenberg Belirsizlik İlkesi'ne göre bir parçacığın belirli bir konum aralığına sahip olduğu söylenebilir. Bu nedenle Bohr atom modelinde olduğu gibi elektronların çekirdek etrafında dairesel yörüngeleri izlediği ispatlanamaz ancak elektronların çekirdek etrafında bulunma olasılığının olduğu bölgelerden bahsedilebilir. Modern atom modelinde, atomda elektronların bulunma olasılıklarının yüksek olduğu bölgelere **orbital** (elektron bulutu) denir.

1926 yılında Erwin Schrödinger (Örvin Şödingır), elektron gibi küçük taneciklerin enerjilerini ve genel davranışını açıklayan denklem geliştirmiştir (Schrödinger dalga denklemi). Denklemde elektronun kütle ile ifade edilen tanecik davranışını ve dalga fonksiyonu ile ifade edilen dalga davranışını birleştirmiştir. Schrödinger, denklemi oluştururken elektronun dalga özelliğine bağlı olarak tam bir konumundan bahsetmez. Elektronun bulunma ihtimalinin yüksek olduğu bölgeleri dikkate alır. Schrödinger'in denkleminin çözümlenmesi sonucunda elektronların bulunma olasılıklarını gösteren bölgeler ortaya çıkmıştır.

YÖRÜNGE VE ORBİTAL KAVRAMLARI

Bohr atom modeline göre elektronlar belirli yörüngelerde bulunur. Modern atom teorisine göre elekronlar orbitallerde bulunur. Yörünge ve orbital kavramları aşağıdaki tabloda karşılaştırılmıştır (Tablo 1.1.1).

Tablo 1.1.1: Yörünge ve Orbital Kavramlarının Karşılaştırılması

YÖRÜNGE	ORBİTAL
	
Elektronun izlediği varsayılan dairesel yoldur.	Elektronun bulunma olasılığının yüksek olduğu bölgedir.
Elektronun düzlemsel hareketini temsil eder.	Elektronun üç boyutlu hareketini temsil eder.
Şekli daireseldir.	Farklı şekillere sahiptir.
Her yörünge bir enerji düzeyi ile temsil edilir.	Her enerji düzeyinde farklı orbitaller bulunabilir.
Her yörünge belirli bir kapasiteye sahiptir ve her yörüngede yalnızca belli sayıda elektron bulunur.	Her orbitalde en fazla 2 elektron bulunur.

Elektronların bulunma olasılıklarının yüksek olduğu bölgeler yani orbitaller Schrödinger dalga denkleminin çözümlenmesi sonucunda ortaya çıkar. Orbital, atom içindeki elektronun dalga fonksiyonu olarak düşünülebilir. Dalga fonksiyonları da kuantum sayıları ile gösterilir.

KUANTUM SAYILARI

Kuantum sayıları orbitallerin ve orbitallerde yer alan elektronların belirlenmesinde kullanılır.

- Baş (Birincil) kuantum sayısı (n)
- Açısal momentum kuantum sayısı (ℓ) = İkincil kuantum sayısı = Yan kuantum sayısı
- Manyetik kuantum sayısı (m_ℓ) şeklindedir.

Baş (Birincil) Kuantum Sayısı (n)

Elektronun enerji düzeyine ve elektronun çekirdeğe olan ortalama uzaklığına bağlı olarak değişen kuantum sayısına **baş kuantum sayısı** denir ve **n** ile gösterilir. Pozitif tam sayı değerlerini alır. Enerji düzeyleri kabuk olarak da adlandırılır. Enerji düzeyleri harflerle (n=K, L, M, N...) ya da sayılarla (n=1, 2, 3, 4...) ifade edilir (Tablo 1.1.2).

Tablo 1.1.2: Enerji Düzeyleri ve Baş Kuantum Sayısı

Katman (Kabuk, Enerji Düzeyi)	K	L	M	N	O	...
Baş Kuantum Sayısı (n)	1	2	3	4	5	...

Açısal Momentum (İkincil, Yan) Kuantum Sayısı (ℓ)

Orbitalin şeklini ve bir enerji düzeyinde kaç tane alt enerji düzeyi olduğunu veren kuantum sayısına **açısal momentum kuantum sayısı**

denir ve ℓ ile gösterilir. Açısal momentum kuantum sayısı, enerji düzeylerinin de alt enerji düzeyine ayrıldıklarını gösterir ve ℓ sıfırdan n-1'e kadar olan tüm değerleri alır.

ℓ=0, 1, 2, ..., (n-1)

Açısal momentum kuantum sayısının her bir değeri bir orbital türüne karşılık gelir. Her bir enerji düzeyindeki açısal momentum kuantum sayısı kadar alt enerji düzeyi bulunur (Tablo 1.1.3). Örneğin n=2 ise ℓ değerleri ℓ=0 ve 1 olacağından bu enerji düzeyinde iki alt enerji düzeyi (s ve p orbitalleri) bulunur.

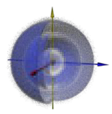
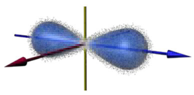
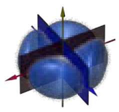
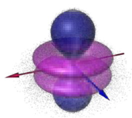
Tablo 1.1.3: Açısal Momentum Kuantum Sayısı ve Orbital Türü

Açısal Momentum Kuantum Sayısı (ℓ)	0	1	2	3	...
Orbital Türü	s	p	d	f	...

Manyetik Kuantum Sayısı (m_ℓ)

Orbitaller farklı şekillerde bulunur ve manyetik alanda s orbitali hariç çeşitli yönelişlere sahiptir. Alt enerji düzeyinde kaç tane orbital olduğunu gösteren kuantum sayısına **manyetik kuantum sayısı** denir ve $\mathbf{m_\ell}$ ile gösterilir. m_ℓ sıfır da dâhil olmak üzere $-\ell$ ile $+\ell$ arasındaki bütün tam sayı değerlerini alabilir (Tablo 1.1.4). Verilen ℓ değeri için $m_\ell=2\ell+1$ alt orbital sayısını verir.

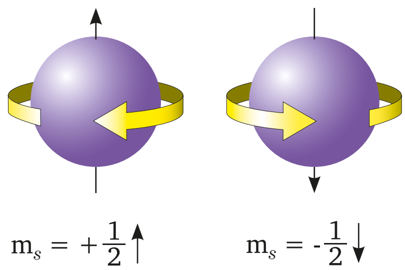
Tablo 1.1.4: Manyetik Kuantum Sayısı ve Orbital Türü

Orbital türü	ℓ	m_ℓ (-ℓ, 0, +ℓ)	Açıklama
 s	0	0	1. enerji düzeyinden başlayarak her bir enerji düzeyinde 1 tane s orbitali vardır.
 p	1	-1, 0, +1	2. enerji düzeyinden başlayarak her bir enerji düzeyinde 3 tane p orbitali vardır.
 d	2	-2, -1, 0, +1, +2	3. enerji düzeyinden başlayarak 7. enerji düzeyine kadar her bir enerji düzeyinde 5 tane d orbitali vardır.
 f	3	-3, -2, -1, 0, +1, +2, +3	4 ve 5. enerji düzeylerinin her birinde 7 tane f orbitali vardır.

Spin Kuantum Sayısı (m_s)

Schrödinger, her bir atom orbitalini tanımlamak için baş kuantum sayısı, açısal momentum kuantum sayısı ve manyetik kuantum sayısını kullanmıştır. Fakat hidrojen atomunun spektrumunda tam olarak açıklayamadığı sapmalar bulunur.

Bilim insanları, gezegenler kendi ekseni etrafında nasıl dönüyorsa elektron da kendi etrafında öyle dönüyor, görüşünü ileri sürdüler (Görsel 1.1.8). Elektronun kendi ekseni etrafında dönme hareketi **spin** olarak adlandırılır ve elektron 2 spine sahiptir. Elektron, saat yönünde $(+\frac{1}{2})$ veya tersi yönde $(-\frac{1}{2})$ hareketi ile belirli bir hızda döndüğü düşünülebilir. Bu durum spin kuantum sayısı ile ifade edilir ve $\mathbf{m_s}$ ile gösterilir. Elektron dönme yönüne göre $m_s=+\frac{1}{2}$ (↑) veya $-\frac{1}{2}$ (↓) değerlerini alabilir.



Görsel 1.1.8: Elektronların spinleri

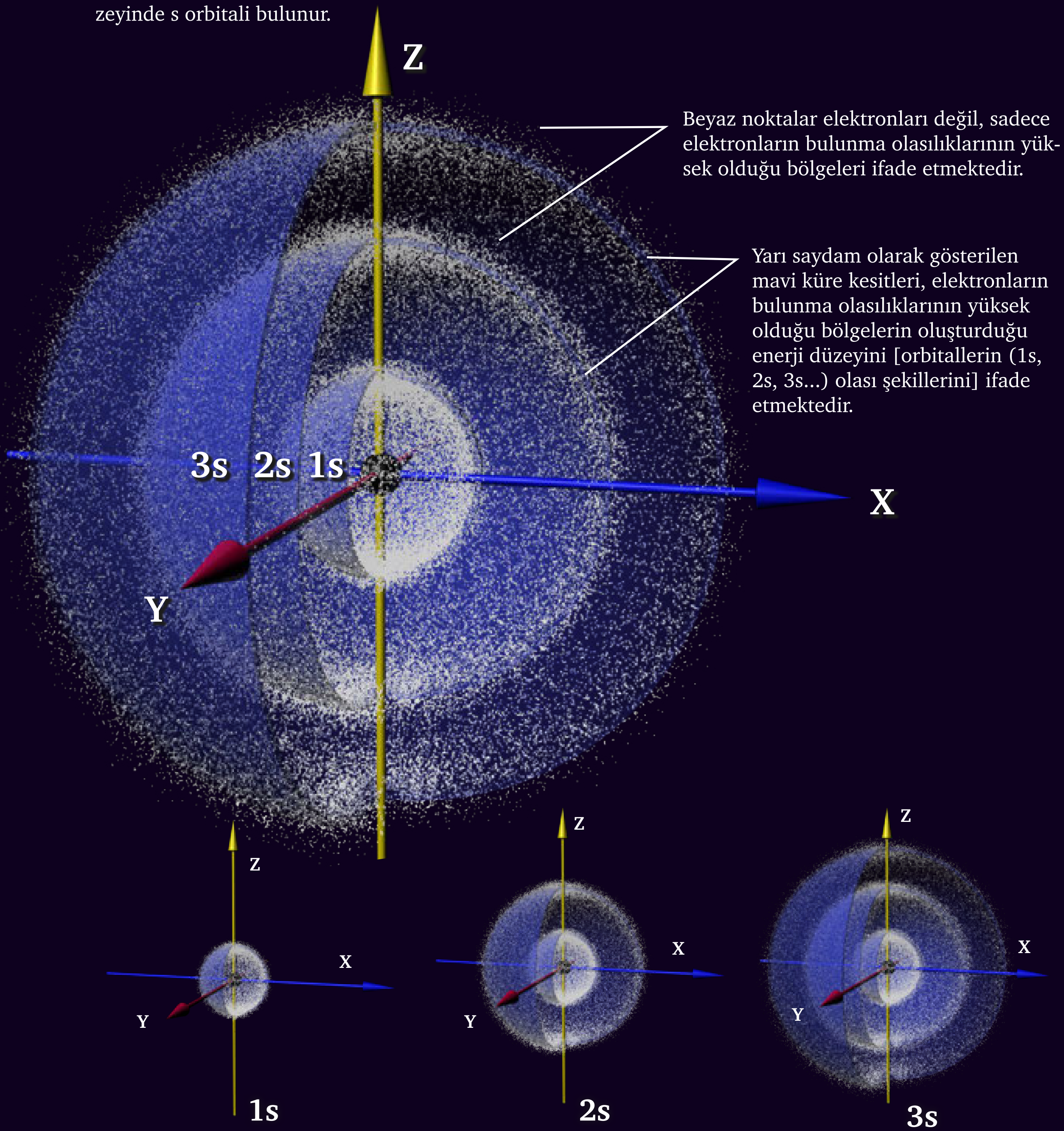
Atom Orbitalleri

Bir elektronun atomdaki yerini belirtmek için elektronun bulunma olasılığının yüksek olduğu noktalar belirginleştirildiğinde orbitallerin büyüklükleri ve şekilleri ortaya çıkar.

Orbitaller tam olarak tanımlanabilmiş şekillere sahip değildir çünkü orbital özelliğini gösteren dalga fonksiyonu atom çekirdeğinden itibaren sonsuza kadar uzanır. Bu bakımdan bir orbitalin tam olarak neye benzediğinin ifade edilmesi zordur. Buna karşın özellikle atomlar arasındaki kimyasal bağ oluşumu açıklanırken orbitalin özgün şekillere sahip olduğunu varsaymak daha uygundur.

s Orbitalleri

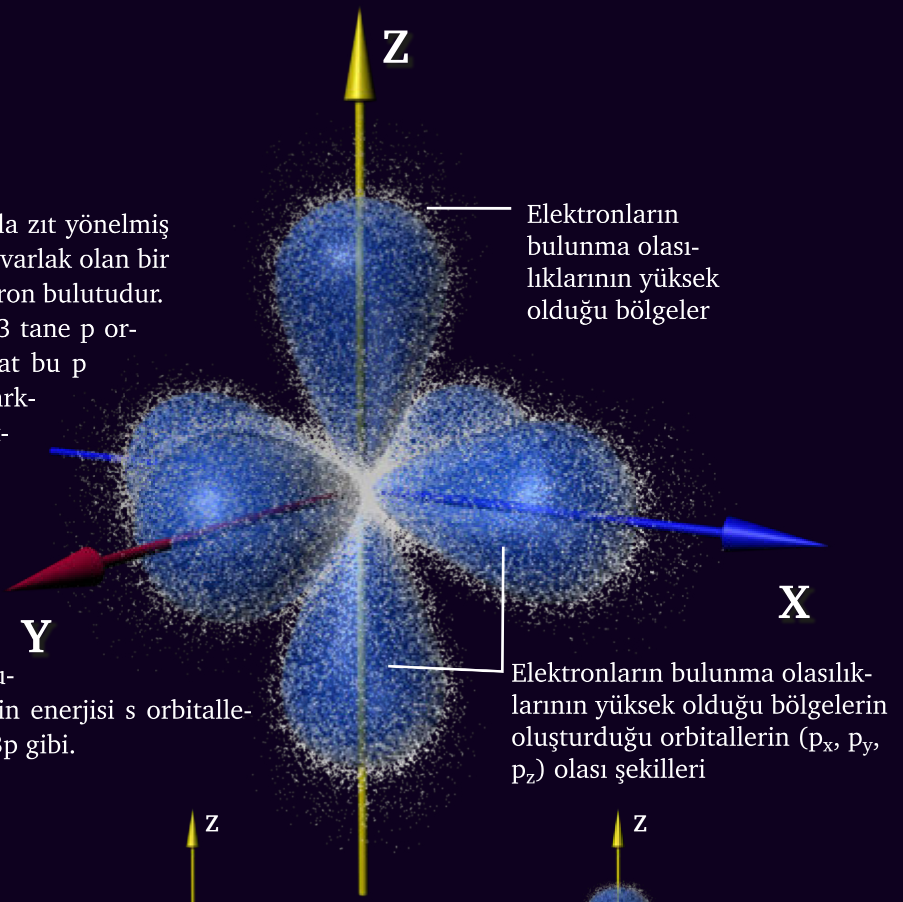
s orbitali küreseldir. En fazla 2 elektron alabilir. Baş kuantum sayısı arttıkça (elektron çekirdekten uzaklaştıkça) s orbitalinin büyüklüğü ve enerjisi artar (Görsel 1.1.9). 1. enerji düzeyinden itibaren her enerji düzeyinde s orbitali bulunur.

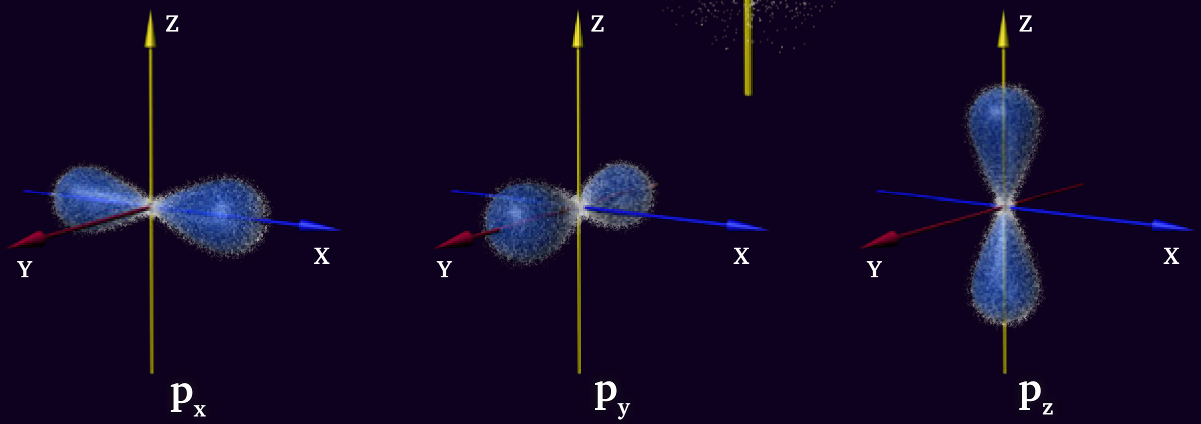


Görsel 1.1.9: Farklı enerji düzeylerindeki s orbitallerinin gösterimi

p Orbitalleri

p orbitali çekirdeğin iki tarafında zıt yönelmiş iki ayrı loptan (Bir yapının azçok yuvarlak olan bir çıkıntısı ya da parçası.) oluşan elektron bulutudur. Aynı enerji değerine karşılık gelen 3 tane p orbitali bulunur (Görsel 1.1.10). Fakat bu p orbitallerinin uzaydaki yönelişleri farklıdır. Elektron bulutlarındaki lobutlar birbirine dik x, y, z eksenleri üzerindeki p_x, p_y, p_z orbitalleri olarak belirtilir. Her bir orbital en fazla 2 elektron alabileceği için p orbitali en fazla 6 elektron alabilir. 2. enerji düzeyinden itibaren üst enerji düzeylerinde bulunur. Aynı baş kuantum sayısına sahip p orbitallerinin enerjisi s orbitallerinden daha yüksektir. 2s<2p, 3s<3p gibi.

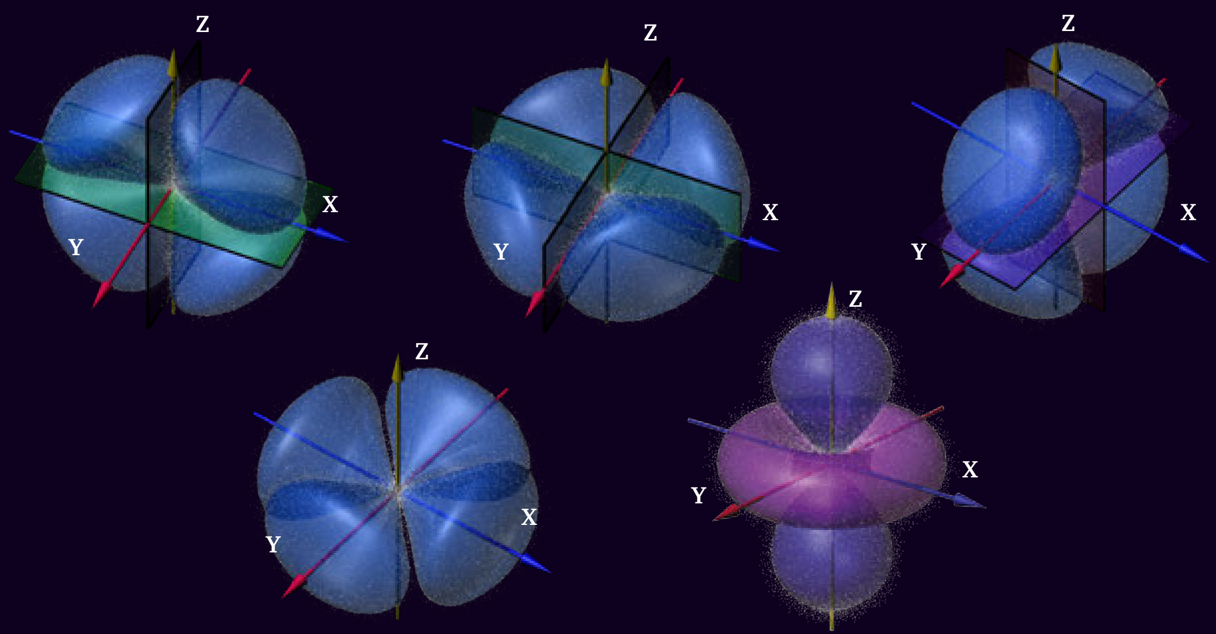




Görsel 1.1.10: p orbitallerinin gösterimi

d Orbitalleri

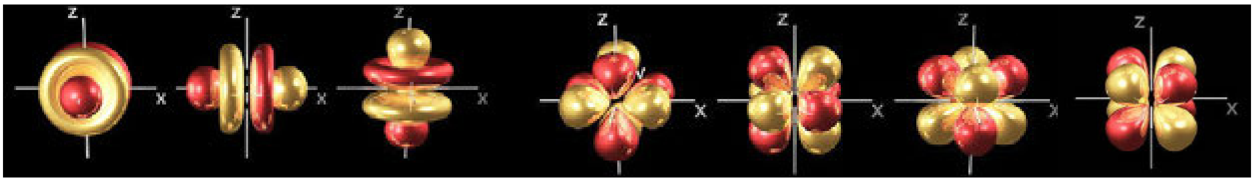
d orbitalleri kompleks şekillere sahiptir. Aynı enerji değerine karşılık gelen 5 tane d orbitali bulunur. Fakat d orbitallerinin uzaydaki yönelişleri farklıdır. d orbitalleri uzaydaki yönelişlerine göre (Görsel 1.1.11) d_{xy}, d_{xz}, d_{yz}, $d_{x^2-y^2}$ ve d_{z^2} şeklinde gösterilir. Her bir orbital en fazla 2 elektron alabileceği için d orbitali en fazla 10 elektron alabilir. 3. enerji düzeyinden itibaren üst enerji düzeylerinde bulunur.



Görsel 1.1.11: d orbitallerinin gösterimi

f Orbitalleri

f orbitalleri d orbitallerine göre daha da kompleks şekillere sahiptir. Aynı enerji değerine karşılık gelen ve uzaydaki yönelişleri farklı olan 7 tane f orbitali bulunur (Görsel 1.1.12). f orbitallerinde toplam 14 elektron yer alabilir. 4. enerji düzeyinden itibaren üst enerji düzeylerinde bulunur.



Görsel 1.1.12: f orbitallerinin gösterimi

ÇOK ELEKTRONLU ATOMLARDA ORBİTALLERİN ENERJİ SEVİYELERİ

Çok elektronlu atomlarda elektronun enerji düzeyi arttıkça orbitallerin de enerji düzeyi artar. Ancak aynı enerji düzeyinde bulunan farklı orbitallerin enerji düzeyleri de farklıdır (Tablo 1.1.5). Bunun nedeni çekirdek ile elektron arasındaki çekim ve elektronlar arasındaki itme kuvvetleridir. Çünkü bir atomun enerjisi sadece orbitallerin enerjileri toplamına değil, bu orbitallerde bulunan elektronların birbirlerini itme kuvvetine de bağlıdır.

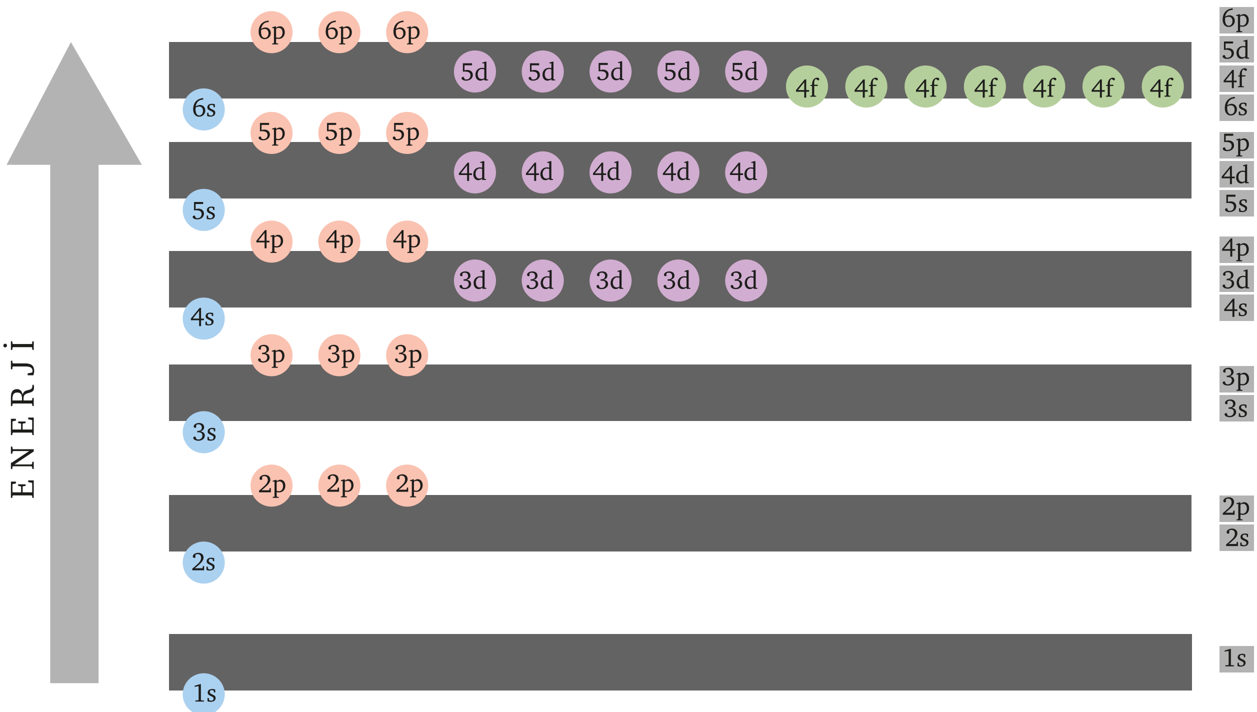
Orbitallerin enerji düzeyleri incelendiğinde baş kuantum sayısı (n) arttıkça katmanların enerjisinin arttığı, atom numarası 20'den büyük olanlarda ise n değeri arttıkça katmanlar arasındaki artan enerji farkının azaldığı görülür.

Orbitallerin enerjileri $n+\ell$ değerinin artmasıyla yükselir. Aynı $n+\ell$ değerine sahip olan orbitallerden n değeri daha büyük olanın enerji değeri daha fazladır. Örneğin bir atomda 3d orbitalinin 4s orbitalinden sonra doldurulması, toplam enerjiyi düşürecektir.

$n+\ell$ değerlerine göre orbitallerin enerjileri arasındaki ilişki

$1s<2s<2p<3s<3p<4s<3d<4p<...$ şeklindedir (Tablo 1.1.5).

Tablo 1.1.5: Orbitallerin Enerji Düzeyleri



ÖRNEK VE ÇÖZÜM

Örnek

1. 1s, 2s ve 3s orbitallerinin enerjilerini küçükten büyüğe doğru sıralayınız.

Çözüm

1.

	1s	2s	3s
n	1	2	3
ℓ	0	0	0
n+ℓ	1	2	3

n+ℓ değeri büyük olan orbitalin enerjisi daha büyüktür. Buna göre 1s, 2s ve 3s orbitallerinin enerjileri arasındaki ilişki 1s<2s<3s

2. 3s, 3p ve 3d orbitallerinin enerjilerini küçükten büyüğe doğru sıralayınız.

2.

	3s	3p	3d
n	3	3	3
ℓ	0	1	2
n+ℓ	3	4	5

n+ℓ değerlerine göre 3s, 3p ve 3d orbitallerinin enerjileri arasındaki ilişki 3s<3p<3d

3. 3d, 4s ve 4p orbitallerinin enerjilerini küçükten büyüğe doğru sıralayınız.

3.

	4s	3d	4p
n	4	3	4
ℓ	0	2	1
n+ℓ	4	5	5

n+ℓ değerlerine göre 4s orbitalinin enerjisi, 3d ve 4p orbitallerinin enerjisinden daha düşüktür. 3d ve 4p orbitallerinin n+ℓ değerleri aynı olduğundan n değerine bakılır. 4p'nin n değeri 3d'den büyük olduğu için 4s, 3d ve 4p orbitallerinin enerjileri arasındaki ilişki 4s<3d<4p şeklinde gösterilir.

4. Atomdaki bir elektron aşağıda verilen kuantum sayılarından hangisine sahip olamaz?

	n	ℓ	m_ℓ
A)	1	0	0
B)	2	1	-1
C)	2	2	+1
D)	3	2	-2
E)	4	3	+3

4. Baş kuantum sayısı (n) elektronun bulunduğu enerji düzeyini, açısal momentum kuantum sayısı (ℓ) orbital türünü, manyetik kuantum sayısı orbitallerin manyetik alandaki yönelimini belirtir. Tablo 1.1.5'te görüldüğü gibi 2. enerji düzeyinde s ve p orbitalleri bulunur. C seçeneğinde n=2 için ℓ=2 olamayacağından doğru cevap C'dir.

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. Açısal momentum kuantum sayısı ℓ=1 olan bir elektronun baş kuantum sayısı (n) ve manyetik kuantum sayısı (m_ℓ) aşağıdaki seçeneklerden hangisi olamaz?

A) n=1, m_ℓ=0

B) n=2, m_ℓ=0

C) n=2, m_ℓ=-1

D) n=3, m_ℓ=+1

E) n=4, m_ℓ=-1

2. Baş kuantum sayısı n=3 ve manyetik kuantum sayısı m_ℓ=+2 olan bir elektronla ilgili

I. Elektronun açısal momentum kuantum sayısı 2'dir.

II. Elektron p orbitalinde bulunabilir.

III. Elektron için $m_s = +\frac{1}{2}$ dir.

yargılarından hangisi ya da hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) I ve II C) I ve III

D) II ve III E) I, II ve III

NELER KAZANILDI?

1. **Yörünge ve orbital kavramları arasındaki farklar nelerdir? Yazınız.**

2. **Aşağıdaki tabloya baş kuantum (n) ve açısal momentum kuantum sayılarını (ℓ) yazınız.**

Orbital	Baş kuantum sayısı (n)	Açısal momentum kuantum sayısı (ℓ)
2s		
2p		
3d		
3p		
4f		

3. **Aşağıdaki tabloda verilen ifadeleri doğru (D), yanlış (Y) olarak değerlendiriniz. Yanlış olarak belirttiğiniz ifadelerin karşısına doğrusunu yazınız.**

İfadeler	Karar	Doğrusu
Bohr atom modeli çok elektronlu atomların spektrumlarını açıklamada yetersiz kalmıştır.	( ) D ( ) Y	
Açısal momentum kuantum sayısı orbital şeklini ifade eder.	( ) D ( ) Y	
Baş kuantum sayısı, elektronun çekirdeğe olan ortalama uzaklığını ifade eder.	( ) D ( ) Y	
Bohr'a göre elektronlar yörüngeyi takip ederek dairesel hareket eder.	( ) D ( ) Y	

4. **$3p_x$ ve $3p_y$ orbitalleri için**

   I. Baş kuantum sayısı (n)
   II. Orbital türü
   III. Açısal momentum kuantum sayısı (ℓ)
   IV. Manyetik kuantum sayısı (m_ℓ)

   ifadelerinden hangileri ortaktır?

   A) Yalnız I B) I ve II C) II ve III
   D) I, II ve III E) II, III ve IV

5. **3. enerji düzeyinde bulunabilecek orbital türü ve maksimum orbital sayısı aşağıdaki seçeneklerden hangisinde doğru verilmiştir?**

	Orbital türü sayısı	Orbital sayısı
A)	1	2
B)	2	2
C)	2	4
D)	3	7
E)	3	9

6. **Aşağıda verilen orbitalleri enerji seviyelerine göre büyükten küçüğe doğru sıralayınız.**

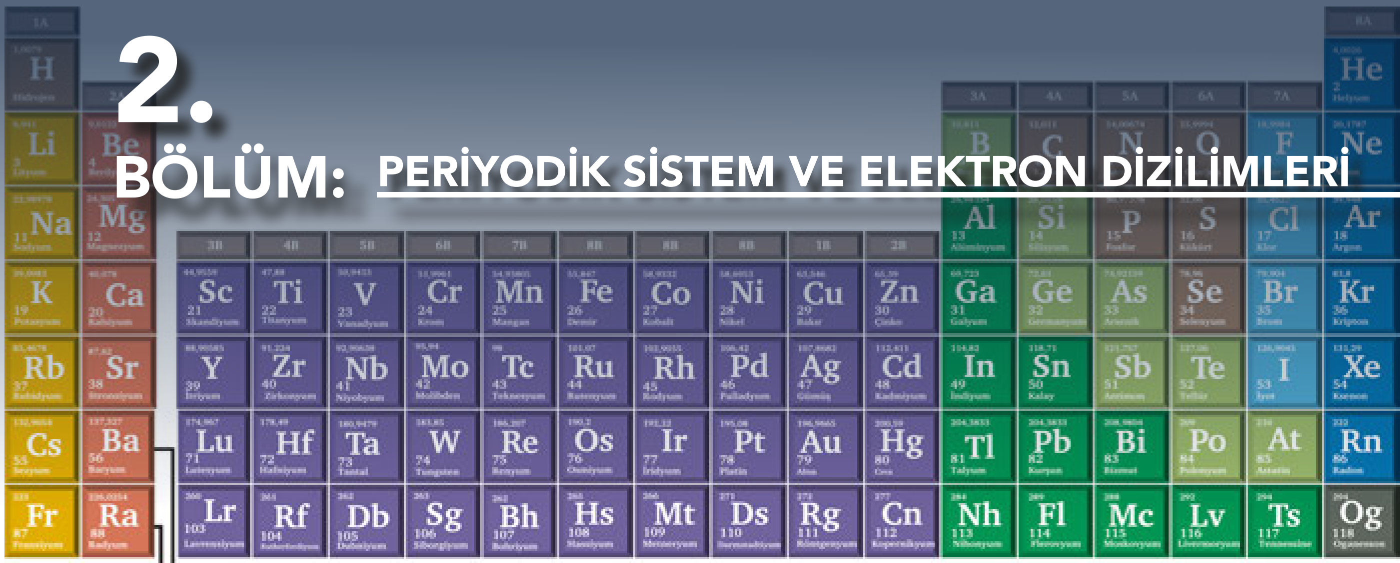
   4p, 4s, 1s, 3d, 2s

7. **Baş kuantum sayısı bilinen elektron ile ilgili**

   I. Enerji düzeyi
   II. Orbital türü
   III. Spin kuantum sayısı

   ifadelerinden hangisi ya da hangileri kesinlikle bilinir?

   A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve III
   D) II ve III E) I, II ve III



2. BÖLÜM: PERİYODİK SİSTEM VE ELEKTRON DİZİLİMLERİ

NELER KAZANILACAK? **Nötr atomların elektron dizilimleriyle periyodik sistemdeki yerleri arasında ilişki kurulurken**

a) Hund Kuralı, Pauli İlkesi ve Aufbau Prensibi kavranacak,

b) Atom numarası 36 ve daha küçük atomların ve iyonların elektron dizilimlerine örnekler verilecek,

c) Değerlik orbitali ve değerlik elektronu kavramları açıklanacak,

ç) Elektron dizilimleriyle elementin ait olduğu bloklar ilişkilendirilerek grup ve periyot kavramları belirlenecektir.

1.2.1. NÖTR ATOMLARIN ELEKTRON DİZİLİMLERİ VE PERİYODİK SİSTEMDEKİ YERLERİ

Maddelerin kimyasal, elektriksel ve manyetik davranışlarını açıklamaya yardımcı olduğu için atomların elektron dizilimi oldukça önemlidir. Atomun elektron dizilimi bilinirse o elementin periyodik sistemdeki yeri, metal, ametal veya soy gaz mı olduğu tahmin edilebilir. Ayrıca iki maddenin etkileşip etkileşmeyeceği, etkileşmenin ve aralarındaki tepkimenin türü atomların elektron diziliminden belirlenebilir. Bir atomun elektron dizilimi, elektronların atom çekirdeği etrafında uzaydaki düzenlenişini açıklar.

Elektronlar çekirdeğin etrafında farklı enerji düzeylerinde bulunur ve her enerji düzeyi farklı sayıda elektron bulundurur.

5. enerji düzeyine kadar her enerji düzeyindeki maksimum elektron sayısı $2n^2$ formülü ile bulunur. Bu durumda birinci enerji düzeyinin bulundurabileceği elektron sayısı en fazla 2, ikinci enerji düzeyinin 8, üçüncü enerji düzeyinin 18, dördüncü enerji düzeyinin 32'dir.

Tablo 1.2.1'de enerji düzeylerinin alt kabuğu, baş kuantum sayısı ve en fazla alabileceği elektron sayıları verilmiştir.

Tablo 1.2.1: Enerji Düzeylerinde En Fazla Bulunabilecek Elektron Sayısı

Enerji Düzeyi	Alt Kabuk	Baş Kuantum Sayısı (n)	Elektron Sayısı ($2n^2$)
1	K	1	$2.1^2=2$
2	L	2	$2.2^2=8$
3	M	3	$2.3^2=18$
4	N	4	$2.4^2=32$

> **? BİLİYOR MUSUNUZ?**
>
> Orbitaller ve orbitallerdeki elektronlar orbital şeması ile de gösterilebilir.
>
> Boş orbital ◯ veya □
>
> Dolu orbital (↑↓) veya [↑↓]
>
> Yarı dolu orbital (↑) , [↑]
>
> veya
>
> (↓) , [↓]
>
> şeklinde gösterilir.

Elektronların enerji düzeyleri alt enerji düzeylerine ayrılmıştır. Bu alt enerji düzeylerinde elektronların bulunma ihtimalinin yüksek olduğu bölgelere **orbital** denir. Orbitaller s, p, d, f'ye karşılık gelen açısal momentum kuantum sayısı (ikincil, yan kuantum sayısı) ℓ=0, 1, 2, 3, 4, ..., n-1 ile gösterilir. Enerji düzeyi aynı zamanda baş kuantum (n) sayısına eşittir. Temel enerji düzeyindeki orbital sayısı n^2 ile bulunur (Tablo 1.2.2). Örneğin elektronların 2. enerji düzeyi için n=2'dir. Baş kuantum sayının 2 olması bu enerji düzeyinde iki tür orbital olduğunu gösterir. 2. enerji düzeyinde s ve p olmak üzere iki orbital türü vardır. 2^2 ise 2. enerji düzeyinde 4 tane orbital olduğunu gösterir. 1 tane s, 3 tane p olmak üzere toplam 4 orbital bulunur.

Tablo 1.2.2: Enerji Düzeylerindeki Orbital Türü, Sayısı ve Şematik Gösterimi

Baş Kuantum Sayısı (n)	Enerji Düzeyindeki Orbital Türü	Enerji Düzeyindeki Orbital Sayısı (n^2)	Enerji Düzeyindeki Orbital Türü ve Sayısının Şematik Gösterimi
n=1	Tek tür orbital s	$1^2=1$	s (↑↓)
n=2	İki tür orbital s, p	$2^2=4$	p (↑↓) (↑↓) (↑↓) s (↑↓)
n=3	Üç tür orbital s, p, d	$3^2=9$	d (↑↓) (↑↓) (↑↓) (↑↓) (↑↓) p (↑↓) (↑↓) (↑↓) s (↑↓)
n=4	Dört tür orbital s, p, d, f	$4^2=16$	f (↑↓) (↑↓) (↑↓) (↑↓) (↑↓) (↑↓) (↑↓) d (↑↓) (↑↓) (↑↓) (↑↓) (↑↓) p (↑↓) (↑↓) (↑↓) s (↑↓)

Her orbitalin alabileceği en fazla elektron sayısı ise $2(2\ell+1)$ formülü ile hesaplanır. Tablo 1.2.3'te enerji düzeyi ve orbitallerin alabilecekleri maksimum elektron sayıları verilmiştir.

Tablo 1.2.3: Orbitalin Enerji Düzeyi, Türü, Yan Kuantum Sayısı, En Fazla Alacağı Elektron Sayısı ve Tam Dolu Orbitalin Şema Gösterimi

Enerji Düzeyi	Orbital	Yan Kuantum Sayısı (ℓ)	Orbitalin En Fazla Alacağı Elektron Sayısı $2(2\ell+1)$	Tam Dolu Orbital Şeması
1	s	0	2(2.0+1)=2	↑↓
2	p	1	2(2.1+1)=6	↑↓ ↑↓ ↑↓
3	d	2	2(2.2+1)=10	↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓
4	f	3	2(2.3+1)=14	↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓

Nötr bir atomun elektron dizilimi atomun fiziksel ve kimyasal özellikleri hakkında bilgi verir. Bu nedenle elektron dizilimini doğru bir biçimde yazmak oldukça önemlidir. Elektron dizilimlerinin nasıl yazılacağı ve hangi bilgileri vereceği elektron sayısı en az olan hidrojen atomu üzerinde incelenebilir.

Hidrojen atomunun atom numarası 1 olduğuna göre nötr hâlde 1 elektronu vardır. 1 elektron temel hâlde çekirdeğe en yakın, en düşük enerjili (birinci enerji düzeyinde) s orbitalinde bulunur.

Elektron dizilimi aşağıdaki gibi yazılır.

$_1H{:}1s^1$ → orbitaldeki elektron sayısı

atom numarası ← $_1H$

orbital türü yan kuantum sayısı (ℓ) ← s

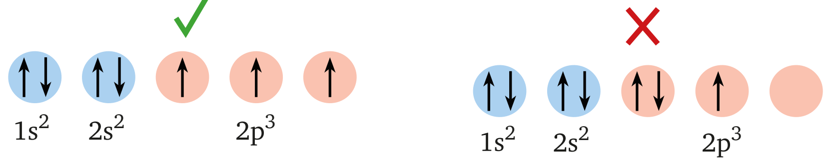
baş kuantum sayısı (n) ← 1

Çok elektronlu atomların elektron diziliminin yazılması hidrojen atomunun elektron dizilimi kadar basit değildir. Atomların elektron diziliminin yazılması ve elektronların orbitallere doldurulmasında belirli kurallar uygulanır.

HUND KURALI

Elektronlar eş enerjili orbitallere doldurulurken önce boş orbitallere aynı spinli olacak şekilde birer birer yerleştirilir. Daha sonra elektron sayısı zıt spinli olacak şekilde ikiye tamamlanır. Kısaca elektronlar, orbitallere doldurulurken var olan elektronlarla eşleştirilmeden önce eş enerjili orbitaller yarı dolu olacak şekilde doldurulur.

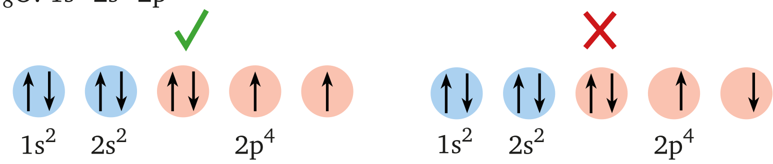
Hund Kuralı, azot atomu üzerinde incelendiğinde (azotun atom numarası da elektron sayısı da 7 olduğu için) azot atomunun elektron dizilimi $_7N$: $1s^2\ 2s^2\ 2p^3$ şeklinde gösterilir.



Hund Kuralı'na göre ikinci enerji düzeyindeki beş elektrondan üçü p orbitallerine aynı spinli olacak şekilde tek tek doldurulur. Bu kurala göre yukarıdaki gösterimlerden birincisi doğru, ikincisi yanlıştır.

Oksijen atomunun elektron diziliminin gösterimi aşağıdaki gibi olmalıdır.

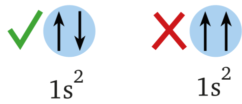
${}_{8}O$: $1s^2\ 2s^2\ 2p^4$



PAULİ İLKESİ

Pauli İlkesi, bir atomda bulunan iki elektronun da 4 kuantum sayısının aynı olamayacağını belirtir. Çünkü 4 kuantum sayısının aynı olması tek bir elektronu ifade eder. Başka bir ifadeyle n, ℓ, m_ℓ değerleri aynı olsa bile m_s değeri farklı olmalıdır. Bir orbitalde en fazla iki elektron bulunur ve bu iki elektronun kendi eksenleri etrafında dönme hareketleri (spinleri) zıt yönlüdür. Örneğin helyum elementinin iki elektronu bulunur. Bu iki elektron n=1, ℓ=0, m_ℓ=0 değerine sahiptir. Ancak m_s değerleri eşit olamaz. Bu nedenle elektronun biri $m_s = +\frac{1}{2}$ diğeri $m_s = -\frac{1}{2}$ değerine sahiptir. Bu kurala göre aşağıdaki gösterimlerden birincisi doğru, ikincisi yanlıştır.

${}_{2}He$: $1s^2$ ${}_{2}He$: $1s^2$



AUFBAU KURALI

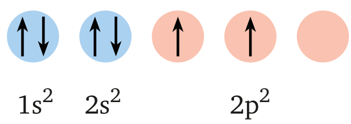
Atomdaki elektronlar orbitallere Aufbau Kuralı'na göre doldurulur. "Aufbau" kelimesi Almancada inşa veya bina anlamına gelir. Nasıl ki bir inşaata temelden başlanarak üst katlara çıkılıyorsa bir atomun çevresindeki elektronlar da orbitallere düşük enerjili orbitalden başlanarak yerleştirilir. Orbitallere elektronların doğru şekilde yerleştirilmesi düşük enerjili orbitalden yüksek enerjili orbitale doğru olur.

Pauli İlkesi ve Hund Kuralı'nı içeren Aufbau Kuralı, elektronların atom çekirdeği çevresinde enerji düzeylerine ve orbitallere doldurma sırasını belirleyen basit kuraldır. Elektronlar, temel hâlde en düşük enerjiye sahip orbitalden başlanarak sıra ile en yüksek enerjili orbitale doğru doldurulur.

- Pauli İlkesi'ne göre bir orbital en fazla 2 elektron alabilir.
- Elektronlar Hund Kuralı'na göre orbitallere doldurulur.

Örneğin karbon atomu elektron dizilimi yazılırken elektronlar en düşük enerji düzeyine sahip olan 1s orbitalinden başlanarak en yüksek enerji düzeyine doğru doldurulur.

${}_{6}C$: $1s^2\ 2s^2\ 2p^2$



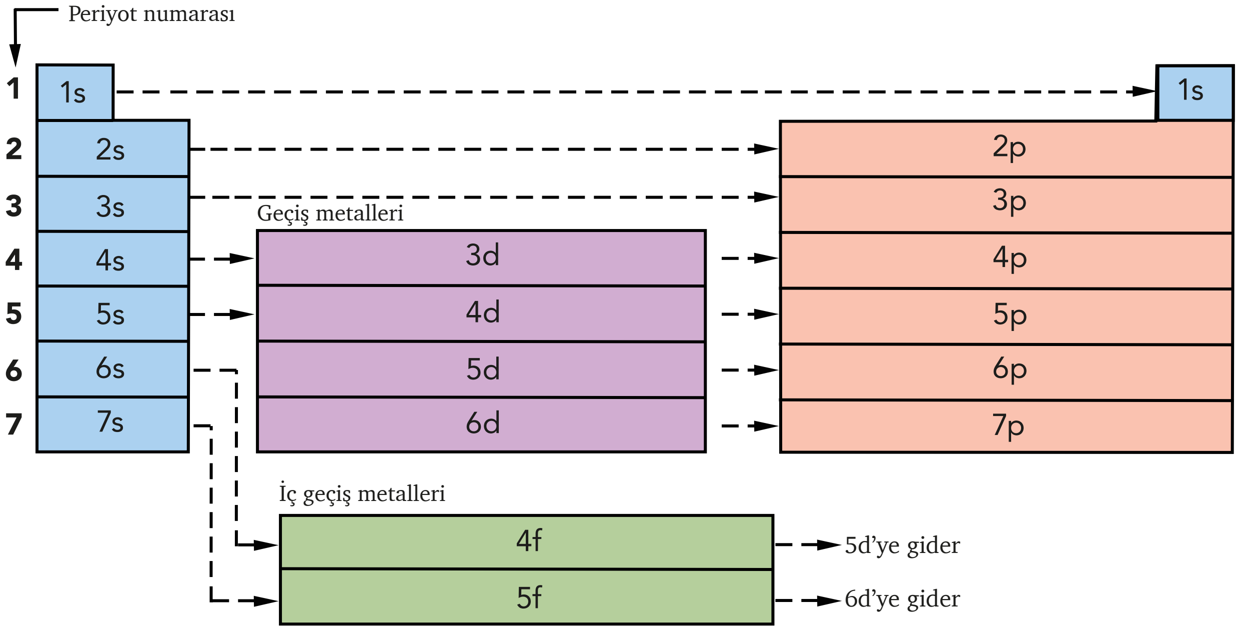
Atomların elektron dizilimi yazılırken Hund Kuralı, Pauli İlkesi ve Aufbau Kuralı'na uyulması gerekir.

ATOMLARIN ELEKTRON DİZİLİMLERİ

Elektronlar orbitallere doldurulurken atomun enerjisi en düşük olacak şekilde doldurulması gerekir. Bu durum ancak elektronların en düşük enerjili orbitalden en yüksek enerjili orbitale doğru doldurulması ile gerçekleşir.

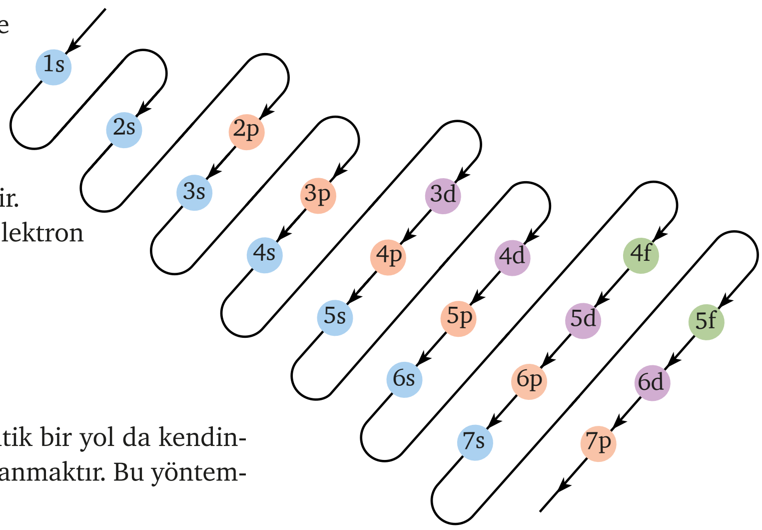
Orbitallerin enerji sıralaması 1s, 2s, 2p, 3s, 3p, 4s, 3d, 4p, 5s, 4d, 5p, 6s, 4f, 5d, 6p, 7s, 5f, 6d, 7p şeklindedir. Enerji sıralamasının akılda kalması ve öğrenilmesi kolay olmayabilir. Kalıcılığı sağlamak için farklı yöntemler kullanılabilir. Bu yöntemlerden biri aşağıdaki periyodik sistemi göz önünde bulundurarak orbital ve blokları ilişkilendirmektir (Tablo 1.2.4).

Tablo 1.2.4: Periyodik Sistemde Orbital ve Blok İlişkisi



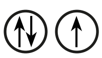
Enerji sıralamasını öğrenmenin başka bir yöntemi de yandaki gibi bir şema yaparak çizgileri ok yönünde takip etmektir.

Lityum atomunun elektron dizilimi ve orbital şeması incelendiğinde atom numarasının üç olduğu görülür. Bu nedenle nötr durumda elektron sayısı da üç olmalıdır. Elektron dizilimine birinci enerji düzeyinden başlanır. Birinci enerji düzeyinde sadece s orbitali bulunur. s orbitali maksimum 2 elektron bulundurduğundan lityumun iki elektronu 1s orbitaline, kalan bir elektronu ise ikinci enerji düzeyinin s orbitaline yerleşir.



Enerji sıralamasına göre lityum elementinin elektron dizilimi ve orbital şeması aşağıda verilmiştir.

$_3Li: 1s^2\ 2s^1$



Elektron dizilimini yazarken uygulanacak pratik bir yol da kendinden önceki soy gazın elektron diziliminden yararlanmaktır. Bu yöntemle yazılan lityum atomunun elektron dizilimi

$_3Li: [He]\ 2s^1$ şeklindedir.

ÖRNEK VE ÇÖZÜM

Örnek

1. Aşağıda atom numarası ve sembolleri verilen elementlerin elektron dizilimlerini yazınız.

$_{6}C$, $_{16}S$

Çözüm

1. $_{6}C$'un atom numarası 6 olduğuna göre nötr atomda 6 elektron bulunur. Bu elektronlar en düşük enerjili 1s orbitalinden başlayarak yüksek enerjili orbitale doğru yerleşir. Böylece 6 elektrondan 2'si 1. enerji düzeyindeki 1s orbitaline, 2'si 2. enerji düzeyindeki 2s orbitaline ve kalan 2'si de aynı enerji düzeyindeki 2p orbitaline yerleşir.

$_{6}C$: $1s^2\ 2s^2\ 2p^2$

$_{6}C$: [He] $2s^2\ 2p^2$

$_{16}S$'ün atom numarası 16 olduğuna göre nötr atomda 16 elektron bulunur. Bu elektronlar en düşük enerjili 1s orbitalinden başlayarak yüksek enerjili orbitale doğru yerleşir. Böylece 16 elektrondan 2'si 1. enerji düzeyindeki 1s orbitaline, 8'i 2. enerji düzeyindeki 2s ve 2p orbitaline ve kalan 6'sı 3. enerji düzeyindeki 3s ve 3p'ye yerleşir.

$_{16}S$: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^4$

$_{16}S$: [Ne] $3s^2\ 3p^4$

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. Aşağıda atom numarası ve sembolleri verilen elementlerin elektron dizilimlerini ve orbital şemasını yazınız.

$_{12}Mg$, $_{13}Al$, $_{15}P$

2. Aşağıda atom numarası ve sembolleri verilen elementlerin elektron dizilimlerini soy gaz kısaltmalarına göre yazınız.

$_{20}Ca$, $_{19}K$,$_{17}Cl$

Tablo 1.2.5: Atom Numarası 24'e Kadar Olan Atomların Elektron Dizilimi

Elementin Sembolü	Atom Numarası	Elektron Dizilimi	En Yakın Soygazdan Yararlanarak Yazılan Elektron Dizilimi
H	1	$1s^1$	-
He	2	$1s^2$	-
Li	3	$1s^2\ 2s^1$	[He] $2s^1$
Be	4	$1s^2\ 2s^2$	[He] $2s^2$
B	5	$1s^2\ 2s^2\ 2p^1$	[He] $2s^2\ 2p^1$
C	6	$1s^2\ 2s^2\ 2p^2$	[He] $2s^2\ 2p^2$
N	7	$1s^2\ 2s^2\ 2p^3$	[He] $2s^2\ 2p^3$
O	8	$1s^2\ 2s^2\ 2p^4$	[He] $2s^2\ 2p^4$
F	9	$1s^2\ 2s^2\ 2p^5$	[He] $2s^2\ 2p^5$
Ne	10	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6$	[He] $2s^2\ 2p^6$
Na	11	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^1$	[Ne] $3s^1$
Mg	12	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2$	[Ne] $3s^2$
Al	13	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^1$	[Ne] $3s^2\ 3p^1$
Si	14	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^2$	[Ne] $3s^2\ 3p^2$
P	15	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^3$	[Ne] $3s^2\ 3p^3$
S	16	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^4$	[Ne] $3s^2\ 3p^4$
Cl	17	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^5$	[Ne] $3s^2\ 3p^5$
Ar	18	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6$	[Ne] $3s^2\ 3p^6$
K	19	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^1$	[Ar] $4s^1$
Ca	20	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2$	[Ar] $4s^2$
Sc	21	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^1$	[Ar] $4s^2\ 3d^1$
Ti	22	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^2$	[Ar] $4s^2\ 3d^2$
V	23	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^3$	[Ar] $4s^2\ 3d^3$
Cr	24	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^1\ 3d^5$	[Ar] $4s^1\ 3d^5$

Tablo 1.2.5'te Cr elementinin elektron dizilimi incelendiğinde elektron diziliminin $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^4$ şeklinde olmadığı, $_{24}Cr$: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^1\ 3d^5$ şeklinde olduğu görülür. Çünkü bu elektron diziliminde s ve d orbitalleri yarı doludur. Bir atomun son katmanında bulunan orbital tam dolu veya yarı dolu ise atom **küresel simetrik** olur. Küresel simetrik elektron dizilimi atoma kararlılık kazandırır. Periyodik sistemdeki $_{29}Cu$ atomu da küresel simetrik elektron dizilimine sahip atomlardan biridir.

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. Aşağıda atom numarası ve sembolleri verilen elementlerin elektron dizilimlerini yazınız.

$_{25}Mn$, $_{29}Cu$, $_{30}Zn$, $_{35}Br$

İyonların Elektron Dizilimi

Nötr bir atomla atomun iyonu arasındaki fark elektron sayısıdır. Nötr atom katyon hâline dönüşürken elektron verir, anyon hâline dönüşürken elektron alır.

Elektron dizilimi elektronların orbitallere yerleşmesi olduğuna göre iyonların elektron dizilimleri de elektron sayılarına göre yapılmalıdır. Örneğin sodyum atomunun elektron dizilimi,

$_{11}Na$: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^1$ şeklindedir. Sodyum iyon oluştururken bir elektron verir. 1 elektron verdiğinde sodyumun 10 elektronu kalır. Bu durumda sodyum iyonunun elektron dizilimi,

$_{11}Na^+$: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6$ şeklinde olur.

Oksijen atomunun elektron dizilimi $_8O$: $1s^2\ 2s^2\ 2p^4$

oksijen iyonunun elektron dizilimi $_8O^{2-}$: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6$ şeklindedir.

Bir atom, elektron verirken öncelikle enerjisi en yüksek olan orbitaldeki elektronunu veya elektronlarını verir. En yüksek enerji düzeyindeki elektronlar çekirdek tarafından daha zayıf çekilir. Geçiş metallerinin elektron dizilimi ns^2 (n-1)d şeklinde bitmektedir. Geçiş metalleri elektron verirken öncelikle son enerji düzeyindeki s orbitalinden elektron verir.

ÖRNEK VE ÇÖZÜM

Örnek

1. $_{29}Cu$ ve $_{29}Cu^+$ın elektron dizilimlerini yazınız.

Çözüm

1. $_{29}Cu$: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^1 3d^{10}$

$_{29}Cu^+$: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^{10}$

$_{29}Cu^+$ın elektron diliminde bakır bir elektronu en yüksek enerji düzeyi olan dördüncü enerji düzeyinden verir.

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. Aşağıda verilen atom ve iyonların elektron dizilimlerini yazınız.

$_{12}Mg$, $_{12}Mg^{2+}$:

$_{13}Al$, $_{13}Al^{3+}$:

$_{16}S$, $_{16}S^{2-}$:

$_{17}Cl$, $_{17}Cl^-$:

$_{24}Cr$, $_{24}Cr^{3+}$:

Değerlik Orbitali ve Değerlik Elektronları

Atomun en yüksek enerji düzeyindeki orbitallerine **değerlik orbitalleri**, değerlik orbitallerindeki elektronlara **değerlik elektronları** denir.

Değerlik elektronları en yüksek enerji düzeyindeki elektronlar olduğundan atom çekirdeğinin çekim gücünden daha az etkilenir. Tepkimeye katılan, kimyasal bağ oluşturan; bağ oluşturmak için alınan, verilen, ortaklaşa kullanılan elektronlar değerlik elektronlarıdır.

Bu nedenle aynı değerlik elektron sayısına sahip olan elementler, benzer kimyasal özellikleri gösterir. Periyodik sistem bu özellikler göz önünde bulundurularak düzenlendiği için elementin değerlik elektronunun sayısı periyodik sistemdeki grup numarasını verir. Elementlerin bulunduğu en yüksek enerji düzeyi ise elementin periyodik sistemdeki periyodunu belirtir.

Elementlerin Elektron Dizilimi, Grup-Periyot Kavramı

Bir elementin elektron dizilimi yazıldığında elementin bloku, periyodu ve grubu kısacası periyodik sistemdeki yeri bulunur.

Bir elementin periyodik sistemdeki yerini belirlemek için aşağıdaki basamaklar uygulanır:

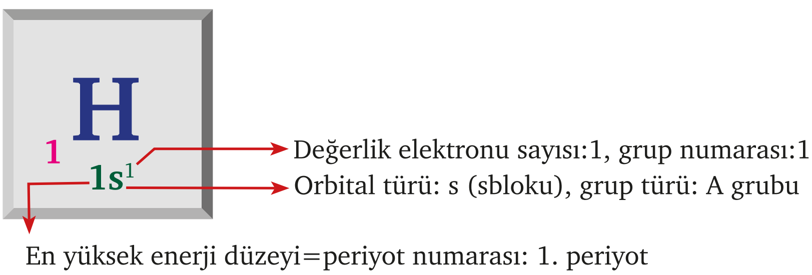
1. Elementin temel hâldeki elektron dizilimi yazılır.
2. En yüksek enerji düzeyi (baş kuantum sayısı) belirlenir. Bu sayı elementin periyot numarasıdır.
3. Değerlik elektronlarının toplam sayısı bulunur. Toplam sayı 10'dan büyükse 10 çıkarılır. Bu sayı elementin grup numarasıdır.
4. Elektron dizilimindeki en son orbital türü belirlenir.
   s : s blok,
   p: p blok,
   d: d blok,
   f : f blok

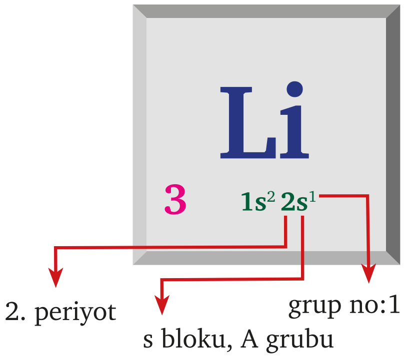
elementi olduğunu gösterir. Aynı zamanda elektron dizilimi s veya p ile bitiyorsa A grubu, d ile bitiyorsa B grubu, f ile bitiyorsa elementin lantanit-aktinit serisinde olduğu anlaşılır.

Belirtilen adımlardan faydalanılarak elementlerin periyodik tablodaki yerleri belirlenir. Elementlerin yerlerinin nasıl belirleneceği hidrojen, lityum, berilyum, vanadyum ve çinko elementleri üzerinden aşağıda örneklendirilmiştir.

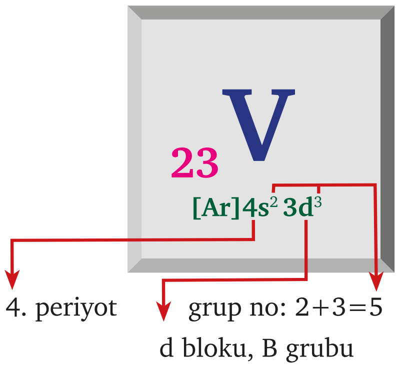
1. $_{1}H$: $1s^1$
2. En yüksek enerji düzeyinin n=1 olması elementin 1. periyotta bulunduğunu gösterir.
3. Değerlik elektronları sayısı 1'dir. Bu sayı grup numarasıdır.
4. Elektron dizilimindeki en son orbital türü s olduğu için hidrojenin s blokunda ve A grubu elementi olduğu anlaşılır.

Böylece hidrojenin 1. periyot 1A grubu elementi olduğu belirlenir.

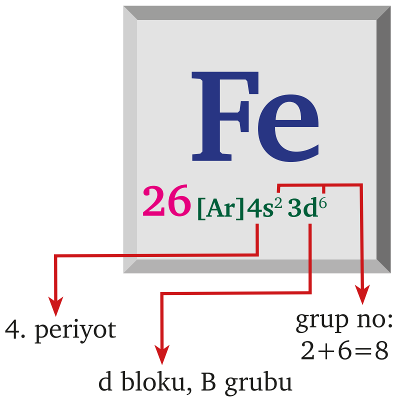




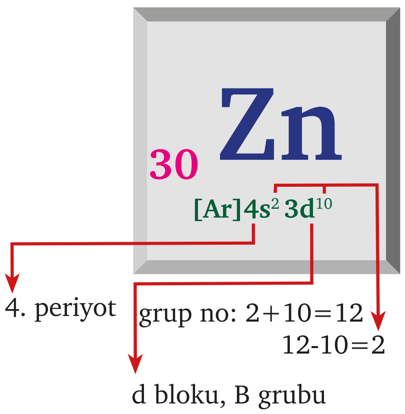
1. $_{3}$Li: $1s^2\ 2s^1$
2. En yüksek enerji düzeyinin n=2 olması elementin 2. periyotta bulunduğunu gösterir.
3. Değerlik elektronları sayısı 1'dir. Bu sayı grup numarasıdır.
4. Elektron dizilimindeki en son orbital türü s olduğu için lityumun s blokunda ve A grubu elementi olduğu anlaşılır. Böylece lityumun 2. periyot 1 A grubu elementi olduğu belirlenir. Hidrojen ve lityumun değerlik elektron sayıları aynı olduğundan periyodik sistemdeki gruplarının da aynı olduğu görülür.



1. $_{23}$V: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^3$
2. En yüksek enerji düzeyinin n=4 olması elementin 4. periyotta olduğunu gösterir.
3. Değerlik orbitallerindeki (4s ve 3d) toplam elektron sayısı 2+3=5'tir. Bu sayı grup numarasıdır.
4. Elektron dizilimindeki en son orbital türü d olduğu için vanadyumun d blokunda ve B grubu elementi olduğu anlaşılır. Böylece vanadyumun 4. periyot 5B grubu elementi olduğu belirlenir.



1. $_{26}$Fe: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^6$
2. En yüksek enerji düzeyinin n=4 olması 4. periyotta bulunduğunu gösterir.
3. Elektron dizilimindeki en son orbital türü d olduğu için demirin d blokunda ve B grubu elementi olduğu anlaşılır.
4. Değerlik elektronları sayısı 2+6=8'dir. Elektron dizilimi d ile biten elementlerin değerlik elektronları toplamı 8, 9 veya 10 ise bu elementler 8B gurubunda yer alır. Böylece demirin 4. periyot 8B grubu elementi olduğu belirlenir.



1. $_{30}$Zn: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^{10}$

   $_{30}$Zn: [Ar] $4s^2\ 3d^{10}$
2. En yüksek enerji düzeyinin n=4 olması elementin 4. periyotta olduğunu gösterir.
3. Elektron dizilimindeki en son orbital türü d olduğu için çinkonun d blokunda ve B grubu elementi olduğu anlaşılır.
4. Değerlik orbitallerindeki (4s ve 3d) toplam elektron sayısı 2+10=12'dir. 12-10=2'dir. Bu sayı grup numarasıdır. Böylece çinkonun 4. periyot 2B grubu elementi olduğu belirlenir.

Örneklerden de anlaşılacağı gibi elementlerin elektron dizilimleri periyodik sistemdeki blok, grup ve periyotlarıyla ilişkilidir (Tablo 1.2.6 ve 1.2.7).

Tablo 1.2.6: A Grubu Elementlerinden Bazılarının Elektron Dizilimi ve Periyot-Grup İlişkisi

	1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8A
1. periyot	$_1$H $1s^1$							$_2$He $1s^2$
2. periyot	$_3$Li [He]$2s^1$	$_4$Be [He]$2s^2$	$_5$B [He]$2s^2 2p^1$	$_6$C [He]$2s^2 2p^2$	$_7$N [He]$2s^2 2p^3$	$_8$O [He]$2s^2 2p^4$	$_9$F [He]$2s^2 2p^5$	$_{10}$Ne [He]$2s^2 2p^6$
3. periyot	$_{11}$Na [Ne]$3s^1$	$_{12}$Mg [Ne]$3s^2$	$_{13}$Al [Ne]$3s^2 3p^1$	$_{14}$Si [Ne]$3s^2 3p^2$	$_{15}$P [Ne]$3s^2 3p^3$	$_{16}$S [Ne]$3s^2 3p^4$	$_{17}$Cl [Ne]$3s^2 3p^5$	$_{18}$Ar [Ne]$3s^2 3p^6$

Tablo 1.2.7: B Grubu Elementlerinden Bazılarının Elektron Dizilimi ve Periyot-Grup İlişkisi

	3B	4B	8B	8B	8B	1B	2B
4. periyot	$_{21}$Sc [Ar]$4s^2 3d^1$	$_{22}$Ti [Ar]$4s^2 3d^2$	$_{26}$Fe [Ar]$4s^2 3d^6$	$_{27}$Co [Ar]$4s^2 3d^7$	$_{28}$Ni [Ar]$4s^2 3d^8$	$_{29}$Cu [Ar]$4s^1 3d^{10}$	$_{30}$Zn [Ar]$4s^2 3d^{10}$

ÖRNEK VE ÇÖZÜM

Örnek

1. Elektron dizilimi yazıldığında 3. enerji düzeyinde olan değerlik orbitallerinde 5 elektron bulunduran elementin

a) Atom numarası kaçtır?

b) Hangi blokta bulunur?

c) Periyodik sistemdeki yeri neresidir?

Çözüm

1. 3. enerji düzeyinde 5 elektron olacak şekilde elektron dizilimi yazılır.

$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$

a) Elektron dizilimindeki toplam elektron sayısı atom numarasına eşittir.

Atom numarası: 2+2+6+2+3=15

b) Elektron dizilimi p orbitali ile sonlandığı için p blok elementidir.

c) En yüksek enerji düzeyi 3, değerlik elektron sayısı 5 olduğundan 3. periyot, 5A grubu elementidir.

Örnek

2. $_{21}$Sc elementinin elektron dizilimini yazarak periyodik sistemdeki yerini bulunuz.

Çözüm

2. $_{21}$Sc : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^1$

En yüksek enerji düzeyi 4 olduğundan 4. periyot,

Son orbitali d olduğundan B grubu,

En yüksek enerji düzeylerindeki ($4s^2 3d^1$) elektron sayılarının toplamı 2+1= 3 olduğundan skandiyum periyodik sistemde 4. periyot 3B gurubunda yer alır.

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. Elektron dizilimi yazıldığında 9 tane tam dolu orbitali, 6 tane yarı dolu orbitali olan nötr bir atomun **a)** Atom numarası kaçtır? **b)** Hangi blokta bulunur? **c)** Periyodik sistemdeki yeri neresidir?

2. Aşağıda atom numarası ve sembolleri verilen elementlerin elektron dizilimini yazarak periyodik sistemdeki yerlerini bulunuz.

$_8$O, $_{10}$Ne, $_{11}$Na, $_{15}$P, $_{19}$K, $_{26}$Fe

NELER KAZANILDI?

1. X atomunun temel hâldeki elektron dizilimi ile ilgili aşağıdaki bilgiler verilmiştir.

- En yüksek enerji düzeyinde toplam 7 elektron vardır.
- s orbitalinde toplam 6 elektron bulunur.

Buna göre X atomunun kaç tane yarı dolu orbitali bulunur?

A) 0 B) 1 C) 2 D) 3 E) 4

2. $_{35}X^{7+}$ iyonunun elektron dizilimi aşağıdakilerden hangisinde doğru yazılmıştır?

A) $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^5\ 4p^5$
B) $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^3\ 4p^5$
C) $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^{10}$
D) $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^{10}$
E) $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^8$

3. X^{2+} iyonunun elektron dizilimi küresel simetrik olduğuna göre nötr X atomunun elektron dizilimi hangisidir?

A) $1s^2\ 2s^2\ 2p^4$
B) $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^5$
C) $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^1$
D) $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^1$
E) $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^1\ 3d^5$

4. Temel hâlde $_{10}X$ atomunun elektron diziliminde en yüksek enerji düzeyindeki orbitalin baş kuantum sayısı, toplam elektron sayısı ve orbitalin türü hangi seçenekte doğru olarak verilmiştir?

	Baş Kuantum Sayısı	Orbital Türü	Toplam Elektron Sayısı
A)	2	p	6
B)	3	p	6
C)	3	d	6
D)	2	s	2
E)	2	p	8

5. $_{24}Cr$ atomunda kaç tane eşleşmemiş elektron vardır?

A) 1 B) 2 C) 4 D) 5 E) 6

6.

	Elektronlar orbitallere en düşük enerji düzeyinden başlayarak yerleşir.
	Pauli İlkesi'ne göre elektronlar bir orbitale aynı spinli olacak şekilde yerleşir.
	Eş enerjili orbitallere elektronlar ilk olarak tek tek yerleşir.
	Elektron dizilimi belli kurallara göre yapılmalıdır.

Yukarıdaki bilgileri doğru (D) veya yanlış (Y) olarak dolduran bir öğrenci, tüm soruları uygun olarak cevapladığında aşağıdaki seçeneklerden hangisine ulaşır?

A) D, D, Y, Y B) D, D, D, Y C) D, Y, D, D D) Y, D, Y, Y E) Y, Y, D, D

7. Bir atomun ilk 10 orbitali tam dolu, 1 orbitali yarı doludur. Buna göre

a) Elektron dizilimini yazınız.

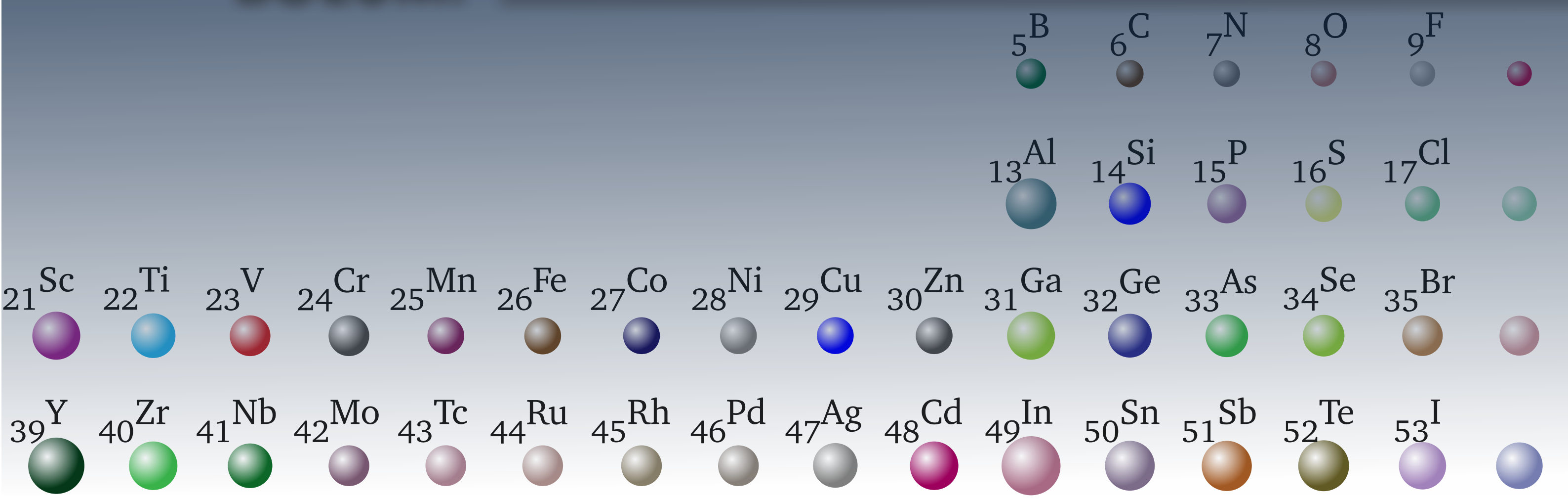
b) Değerlik elektron sayısını belirtiniz.

c) Periyodik sistemdeki yerini bulunuz.

ç) Periyodik sistemde hangi blokta yer almaktadır?

8. Temel hâlde 30 elektronu bulunan atomun periyodik sistemdeki yerini bulunuz.

3. BÖLÜM: PERİYODİK ÖZELLİKLER

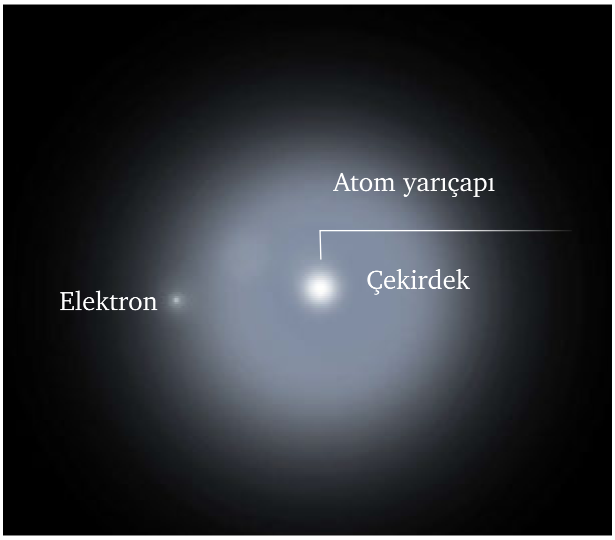


NELER KAZANILACAK? **Periyodik özelliklerdeki değişim eğilimleri sebepleriyle açıklanırken**

a) Kovalent yarıçap, van der Waals yarıçapı ve iyonik yarıçapın farkları üzerinde durulacak,
b) Periyodik özellikler arasında metallik-ametallik, atom-iyon yarıçapı, iyonlaşma enerjisi, elektron ilgisi, elektronegatiflik ve oksit-hidroksit bileşiklerinin asitlik-bazlık eğilimleri üzerinde durulacak (Periyodik özelliklerin nasıl ölçüldüğüne girilmeyecektir.),
c) Ardışık iyonlaşma enerjilerinin grup numarasıyla ilişkisi örneklerle gösterilecektir.

1.3.1. PERİYODİK ÖZELLİKLERDEKİ DEĞİŞİM EĞİLİMLERİ

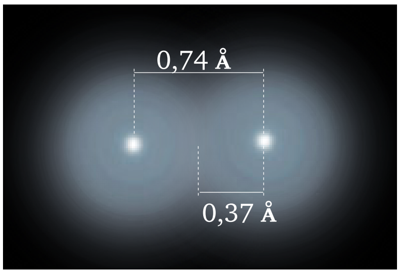
Atomik yarıçap genellikle atom çekirdeğinden en dış katmandaki elektrona olan uzaklık olarak tanımlanabilir. Modern atom teorisine göre elektronlar çekirdek etrafında dairesel yörüngelerde bulunmaz (Görsel 1.3.1). Elektronlar bulunma ihtimalinin yüksek olduğu bölgelerde bulunur. En dıştaki elektronun yeri tam olarak belirlenemediği için atom çekirdeğinden en dış katmandaki elektrona olan uzaklığın saptanması mümkün değildir. Bu nedenle atom yarıçapı, bağlı iki atom çekirdeği arasındaki mesafeden yararlanılarak ölçülür. Dolayısıyla atomların yarıçapları, yaptıkları bağlarla belirlenir. Bir atom farklı bağlar yapabileceği için farklı yarıçap değerlerine sahip olur. Örneğin hidrojen atomu hem iyonik hem kovalent bağ yapabilir. Aynı zamanda H_2 molekülleri apolar olduğu için bu moleküller arasındaki uzaklıktan yararlanılarak van der Waals yarıçapı da ölçülebilir. Tablo 1.3.1'de hidrojen atomunun atom, kovalent, iyonik ve van der Waals yarıçapları karşılaştırılmıştır.



Görsel 1.3.1: Modern atom teorisine göre hidrojen atomu

Tablo 1.3.1: Hidrojenin Atom, Kovalent, İyonik ve van der Waals Yarıçapları (Å Angstrom, 1Å=10^{-10} m)

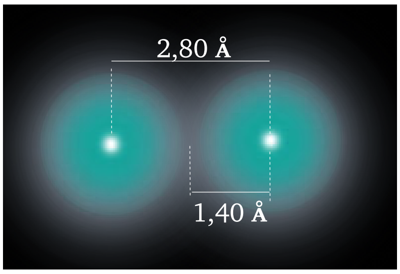
Atom Yarıçapı (Å)	Kovalent Yarıçap (Å)	İyonik Yarıçap (Å)	van der Waals Yarıçapı (Å)
0,53	0,37	0,25	1,20



Görsel 1.3.2: Hidrojen atomunun kovalent yarıçapı

Kovalent Yarıçap

İki atom arasında kovalent bağ oluşuyorsa kovalent yarıçap belirlenebilir. Aynı elementin iki atomu kovalent olarak bağlandığında her bir atom, elektronları eşit şekilde çeker. Kovalent yarıçap (aynı iki atom bağlı ise) iki atom çekirdeği arasındaki mesafenin yarısıdır. İki çekirdek arasındaki mesafe atom çapını, yarısı da yarıçapı verir. Görsel 1.3.2'de görüldüğü gibi hidrojen atomunun kovalent yarıçapı H_2 molekülünden yararlanılarak bulunur. H_2 molekülünde hidrojen çekirdekleri arasındaki uzaklık 0,74 Å'dır. Bu değer ikiye bölünerek hidrojen atomunun kovalent yarıçapı 0,37 Å bulunur.



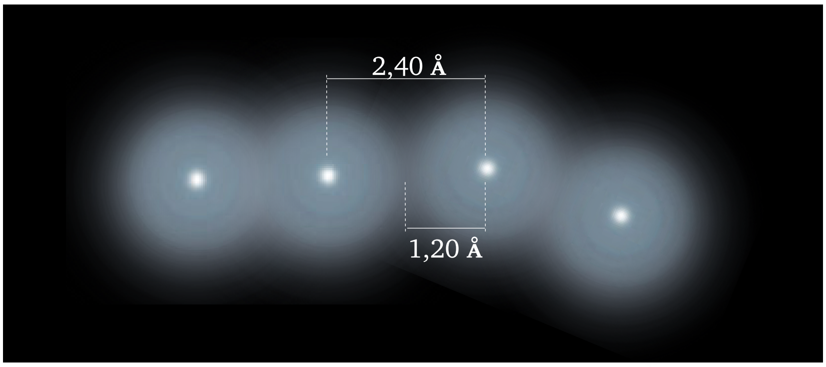
Görsel 1.3.3: Helyum atomunun van der Waals yarıçapı

Van der Waals Yarıçapı

Soy gazlar yüksek basınç ve düşük sıcaklıkta katı hâle gelir. Van der Waals yarıçapı, apolar moleküller ve soy gazların katı hâle geçerken aralarında oluşan etkileşimlerden yararlanılarak hesaplanır. Van der Waals yarıçapı aralarında zayıf etkileşim bulunan iki atomun çekirdekleri arasındaki uzaklığın yarısıdır. Hidrojen atomunun van der Waals yarıçapı 1,20 Å, Helyum atomunun van der Waals yarıçapı ise 1,40 Å'dır (Görsel 1.3.3 ve 1.3.4).

ARAŞTIRINIZ

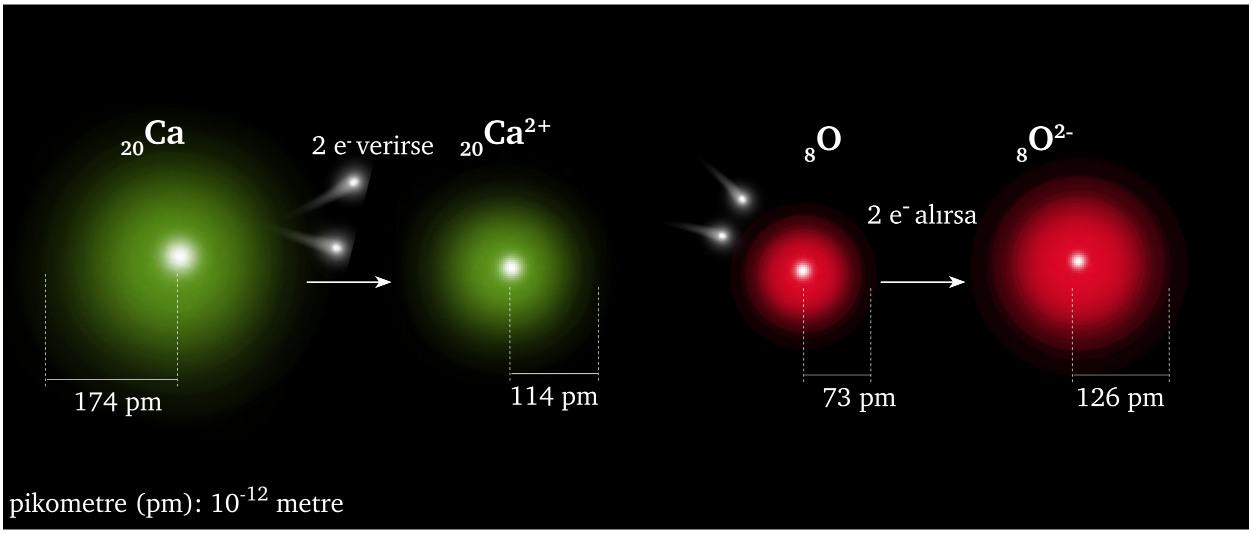
Atom yarıçaplarının nasıl ölçüldüğünü araştırarak size en yakın yükseköğretim kurumundan bu konuyla ilgili bilgi alınız. Gittiğiniz kurumda atom yarıçapı ölçümü yapılabiliyorsa gerekli izinleri alarak uygun elementlerin atom yarıçaplarını ölçünüz. Çalışmanız ile ilgili poster hazırlayarak arkadaşlarınızla paylaşınız.



Görsel 1.3.4: Hidrojen molekülleri arasındaki van der Waals yarıçapı

İyonik Yarıçap

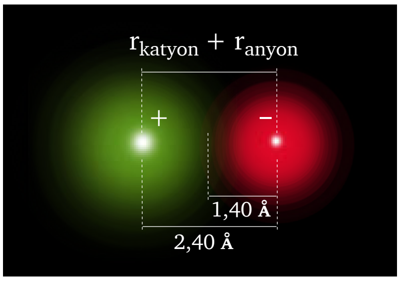
Bir iyonik bileşiğin fiziksel ve kimyasal özellikleri iyonların yarıçapı (büyüklüğü) ile ilgilidir çünkü nötr bir atom iyon hâline geçtiğinde yarıçapı değişir.



Görsel 1.3.5: Kalsiyum ve oksijen atomlarının ve iyonların yarıçapları

İyonik yarıçap, iyonik bağlı bileşikteki bir iyonun yarıçapıdır. İyonik bir bağdaki her atomun yarıçapı, kovalent bir bağdaki yarıçaptan farklıdır. Yarıçapın değişkenliğinin nedeni, iyonik bağdaki atomların farklı boyutlara sahip olmalarıdır. İyonik bağlı bileşiklerde iyonlar aynı büyüklükte değildir (Görsel 1.3.5). Bu nedenle iyon yarıçapı iyonlar arasındaki uzaklığın yarısı değildir. Çekirdekler arasındaki uzaklık katyon ve anyon arasında uygun şekilde paylaştırılarak ayrı ayrı hesaplanır.

Görsel 1.3.6'da verilen CaO bileşiğinde Ca^{2+} ve O^{2-} çekirdekleri arasındaki uzaklık 2,40 Å'dur. O^{2-} iyonunun yarıçapı 1,40 Å olduğuna göre Ca^{2+}iyonunun yarıçapı 2,40-1,40 =1,00 Å olur.



Görsel 1.3.6: Kalsiyum oksit bileşiğinin iyonik yarıçapı

PERİYODİK ÖZELLİKLER

Atom veya İyon Yarıçapı

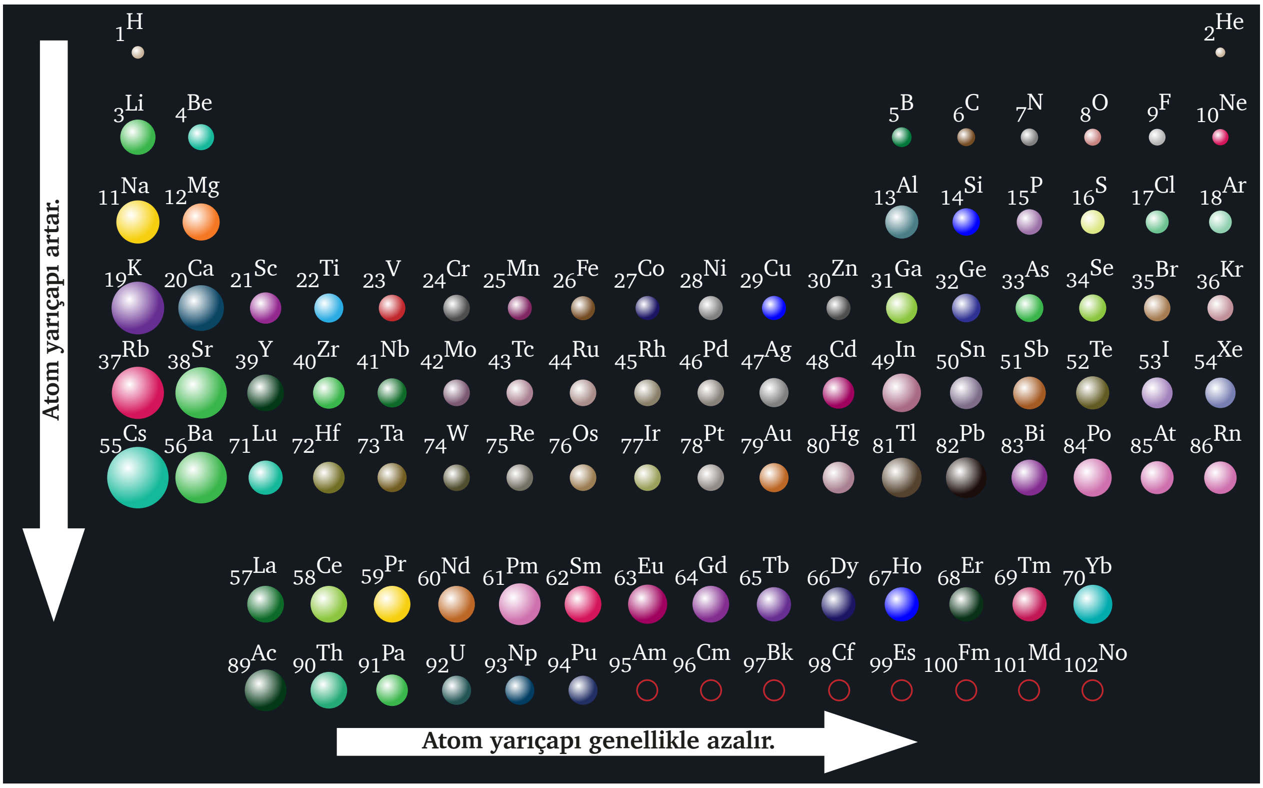
Periyodik sistemde aynı grupta yukarıdan aşağıya doğru atom yarıçapı artar çünkü yukarıdan aşağıya doğru atomun elektron diziliminde baş kuantum sayısı ve katman sayısı artar. Aynı periyotta soldan sağa doğru baş kuantum sayısı değişmez. Elektronlar aynı enerji seviyesine yerleştiği hâlde proton sayısı (çekirdek yükü) arttığı için çekirdeğin değerlik elektronlarına olan çekim gücü artar. Atom yarıçapı genellikle küçülür.

Geçiş elementlerinde ve iç geçiş elementlerinde atom yarıçapındaki değişme miktarı beklenildiğinden azdır. Bunun nedeni elektronların son katmana değil, daha önceki alt katmana yerleşmesidir. Örneğin 4. periyotta geçiş metallerinin elektron dizilimi yapılırken elektronlar önce 4s orbitaline daha sonra 3d orbitaline yerleşir. Bu nedenle alt katmana yerleşen (3d orbitali) elektronlar üst katmandaki (4s orbitalindeki) elektronlara etki eden çekim gücünü azaltarak perdeleme etkisi yapar. Bu nedenle yarıçapta soldan sağa doğru beklenildiği gibi büyük bir azalma görülmez. Lantanitlerde ise atom yarıçapında belirgin fakat yavaş bir azalma görülür (Lantanit büzülmesi).

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. NaCl bileşiğinde iyon çekirdekleri arasındaki uzaklık 2,83 Å'dur. Cl^{-} iyonunun yarıçapı 1,81 Å olduğuna göre Na^{+} iyonunun yarıçapını bulunuz.

Tablo 1.3.2: Periyodik Sistemde Atom Yarıçapının Değişimi

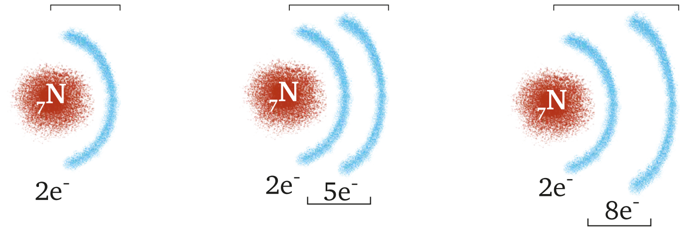


Tablo 1.3.2'den anlaşılacağı gibi periyodik sistemde aynı gruptaki elementlerin atom yarıçapı yukarıdan aşağıya doğru artar. Aynı periyotta soldan sağa doğru genellikle azalır, fakat soy gazların atom yarıçapı bu azalma eğilimine uymaz.

Atom, elektron vererek katyon hâline geldiğinde en dıştaki elektronlar çekirdekten uzaklaşacağı için atomun katman sayısı azalabilir. Kalan elektronlar çekirdek tarafından daha çok çekileceği için katyonun yarıçapı nötr atomun yarıçapından küçük olur. Atom elektron alarak anyon hâline geldiğinde ise elektron başına düşen çekim gücü azalır. Anyonun yarıçapı nötr atomun yarıçapından büyük olur.

Katyonun iyon yarıçapı < Nötr atomun yarıçapı < Anyonun iyon yarıçapı

Örneğin azotun anyon, katyon ve nötr atomunun yarıçapları karşılaştırıldığında



N^{5+} < N < N^{3-}

katyonun yarıçapının nötr atomdan küçük, anyonun yarıçapının nötr atomdan büyük olduğu görülür.

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. Aşağıda verilen kimyasal türlerin yarıçaplarını karşılaştırınız. ($_6C$)
C, C^{4+}, C^{2+}, C^{4-}, C^{2-}

Tablo 1.3.3: Atom ve İyon Yarıçaplarının Karşılaştırılması (Yarıçapların birimi pm olarak verilmiştir.)

1A Grubu		2A Grubu		3A Grubu		6A Grubu		7A Grubu	
$_3Li$ 134	$_3Li^+$ 90	$_4Be$ 90	$_4Be^{2+}$ 59	$_5B$ 82	$_5B^{3+}$ 41	$_8O$ 73	$_8O^{-2}$ 126	$_5F$ 71	$_5F^-$ 119
$_{11}Na$ 154	$_{11}Na^+$ 116	$_{12}Mg$ 130	$_{12}Mg^{2+}$ 86	$_{13}Al$ 118	$_{13}Al^{3+}$ 68	$_{16}S$ 102	$_{16}S^{2-}$ 170	$_{17}Cl$ 99	$_{17}Cl^-$ 167
$_{19}K$ 196	$_{19}K^+$ 152	$_{20}Ca$ 174	$_{20}Ca^{2+}$ 114	$_{31}Ga$ 126	$_{31}Ga^{3+}$ 76	$_{34}Se$ 116	$_{34}Se^{-2}$ 184	$_{35}Br$ 114	$_{35}Br^-$ 182
$_{37}Rb$ 211	$_{37}Rb^+$ 166	$_{20}Sr$ 192	$_{20}Sr^{2+}$ 132	$_{49}In$ 144	$_{49}In^{3+}$ 94	$_{52}Te$ 135	$_{52}Te^{2-}$ 207	$_{53}I$ 133	$_{53}I^-$ 206

Tablo 1.3.3'te görüldüğü gibi elektron veren atomun (katyon) yarıçapı küçülürken elektron alan atomun (anyonun) yarıçapı büyür.

Metallik veya Ametallik Özellik

Metaller elektron verme eğilimi yüksek olan elementlerdir. Elektron verme eğilimi atom yarıçapı büyüdükçe artar. Atom yarıçapı büyüdükçe değerlik elektronları çekirdekten uzaklaşır. Elektron çekirdekten uzaklaştıkça elektron başına düşen çekim kuvveti azalır, elektron vermek kolaylaşır, metalik aktiflik artar.

Periyodik sistemde aynı grupta yukarıdan aşağıya doğru atom çapı arttığı için metalik aktiflik de artar.

Ametaller elektron alma eğilimi yüksek olan elementlerdir. Elektron alma eğilimi atom yarıçapı küçüldükçe artar. Bir elementin yarıçapı ne kadar küçük olursa aldığı elektronlar da çekirdek tarafından o kadar kolay çekilir, elektron alma eğilimi ve ametallik özelliği artar.

Periyodik sistemde aynı periyotta soldan sağa doğru atom yarıçapı azaldığı için ametallik özellik artar. Aynı grupta yukarıdan aşağıya doğru atom yarıçapı büyüdüğü için ametallik özellik azalır.

Atom çapı ile metallik veya ametallik özellikler arasındaki ilişkiden yararlanıldığında şu sonuca ulaşılabilir:

- Periyodik sistemde aynı grupta yukarıdan aşağıya doğru atom çapı arttığı için metalik aktiflik artar, ametalik aktiflik azalır.
- Aynı periyotta soldan sağa doğru atom yarıçapı genellikle azaldığı için metalik özelliği azalır, ametalik özelliği artar.

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. $_{6}C$, $_{12}Mg$, $_{15}P$, $_{17}Cl$, $_{20}Ca$, $_{35}Br$ atomlarının atom yarıçaplarını karşılaştırınız.

2. Aşağıda verilen elementlerin ametalik aktifliklerini karşılaştırınız.

$_{7}N$, $_{9}F$, $_{16}S$, $_{17}Cl$, $_{35}Br$

İyonlaşma Enerjisi

Temel hâldeki nötr bir gaz atomundan bir elektronun uzaklaştırılması için gerekli olan minimum enerjiye **iyonlaşma enerjisi** denir. İyonlaşma enerjisi atom gaz hâlde iken (elektron etrafındaki komşu atom ve moleküller arası kuvvetlerden en az etkilendiği için) belirlenir.

Nötr bir atomdan bir elekton uzaklaştırmak için gerekli olan enerjiye **1. iyonlaşma enerjisi** denir.

$X(g) + İ.E_1 \longrightarrow X^{+}(g) + e^{-}$ İ.E_1 : 1. iyonlaşma enerjisi

+1 yüklü iyondan bir elektron koparmak için gerekli olan enerjiye **2. iyonlaşma enerjisi** denir.

$X^{+}(g) + İ.E_2 \longrightarrow X^{2+}(g) + e^{-}$ İ.E_2 : 2. iyonlaşma enerjisi

Bir atomda kaç tane elektron varsa o kadar iyonlaşma enerjisi

vardır. İyonlaşma enerjisi genellikle bir mol atomdan bir mol elektron uzaklaştırmak için gereken enerjidir. Bu enerjinin birimi kj/mol cinsinden ifade edilir.

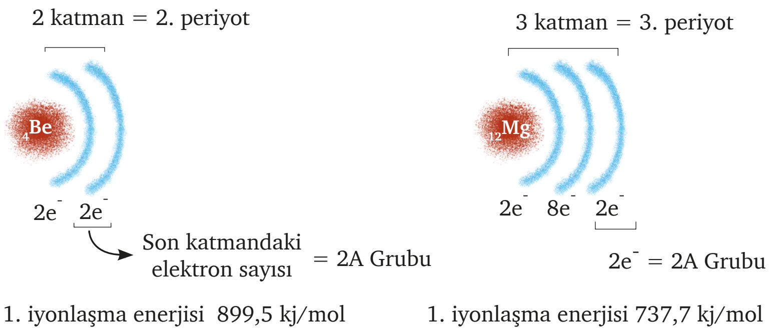
Nötr bir atomdan art arda elektron uzaklaştırılması işleminde ilk elektronun uzaklaştırılması için gereken enerji diğer iyonlaşma enerjilerinden her zaman küçüktür. Örneğin 1. iyonlaşma enerjisi 2. iyonlaşma enerjisinden, 2. iyonlaşma enerjisi ise 3. iyonlaşma enerjisinden küçüktür. Her ardışık elektron daha fazla iyonlaşma enerjisi gerektirir.

$$\text{İ.E}_1 < \text{İ.E}_2 < \text{İ.E}_3 < \text{İ.E}_4 < ...$$

Bunun nedeni uzaklaştırılan her elektrondan sonra kalan elektron başına düşen çekim gücünün daha fazla olmasıdır.

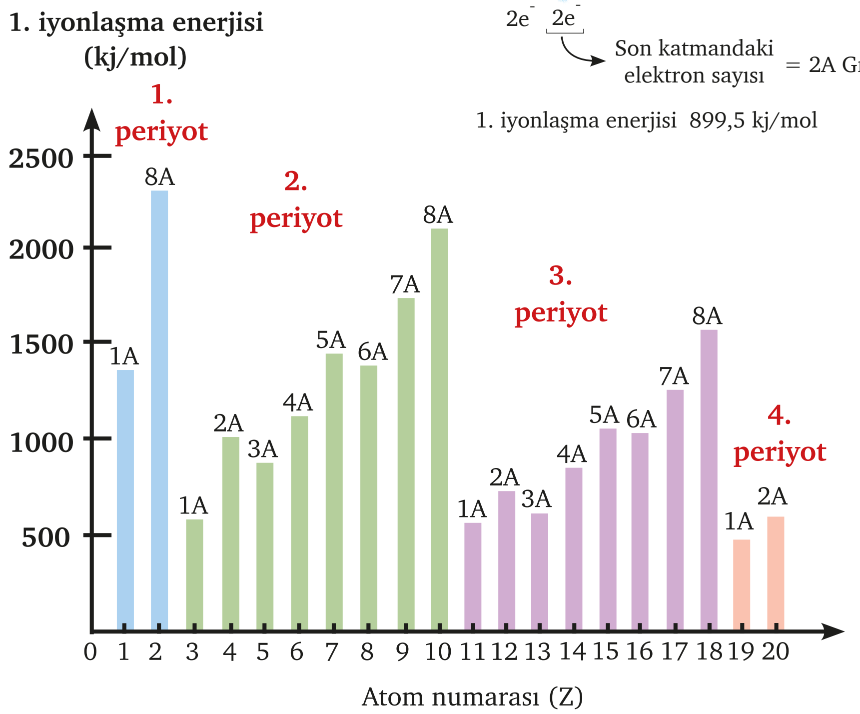
Genel olarak iyonlaşma enerjisi ile atom yarıçapı ters orantılıdır. Atomun yarıçapı arttıkça (elektron çekirdekten uzaklaştığı için) iyonlaşma enerjisi küçülür. İyonlaşma enerjisinin büyüklüğü çekirdeğin elektronu ne kadar güçlü çektiğinin bir ölçüsüdür. İyonlaşma enerjisi büyükse elektronu atomdan uzaklaştırmak son derece zordur. Başka bir deyişle iyonlaşma enerjisi atom yarıçapının bir fonksiyonudur ve yarıçap ne kadar büyük olursa elektronun en dıştaki katmandan koparılması için gereken enerji miktarı da o kadar az olur.

Periyodik sistemde aynı grupta yukarıdan aşağıya doğru inildikçe atom yarıçapı artarken iyonlaşma enerjisi azalır. Örneğin aynı grupta bulunan Be ve Mg elementlerinin 1. iyonlaşma enerjileri karşılaştırıldığında atom çapı Be'dan büyük olan Mg'un iyonlaşma enerjisi daha küçüktür. Be'un son katmandaki elektronlar çekirdeğe daha yakın olduğu için çekirdek tarafından daha sıkı tutulur.



Periyodik sistemde aynı periyotta sağa doğru gidildiğinde atom yarıçapı küçülür. Bu nedenle iyonlaşma enerjisi genellikle artar.

Görsel 1.3.7 incelendiğinde 2A grubu (toprak alkali metalleri) ve 5A grubu (azot grubu) elementleri için iyonlaşma enerjisinde sapmalar olduğu gözlenmektedir.



Görsel 1.3.7: Atom numarası 20'ye kadar olan elementlerin 1. iyonlaşma enerjileri

Aynı periyottaki 2A grubu elementlerinden Be ve 3A grubu elementlerinden B'un 1. iyonlaşma enerjileri karşılaştırıldığında

$_4$Be: 1s^2 2s^2 1. iyonlaşma enerjisi 899 kj/mol



$_5$B: 1s^2 2s^2 2p^1 1. iyonlaşma enerjisi 801 kj/mol



Be > B olduğu görülür.

Aynı periyottaki 5A grubu elementlerinden N ile 6A grubu elementlerinden O'in 1. iyonlaşma enerjileri karşılaştırıldığında

$_7$N: 1s^2 2s^2 2p^3 1. iyonlaşma enerjisi 1400 kj/mol



$_8$O: 1s^2 2s^2 2p^4 1. iyonlaşma enerjisi 1314 kj/mol



N > O olduğu görülür.

2A ve 5A grubu elementleri sırasıyla tam dolu ve yarı dolu elektron dizilimine sahiptir. Tam dolu veya yarı dolu orbitalden (küresel simetrik) elektron koparmak diğer elektron dizilimlerine göre daha zordur. Bunun nedeni küresel simetrik elektron diziliminin atomu daha kararlı yapmasıdır.

Sonuç olarak aynı periyotta 2A grubu elementleri 3A grubundan, 5A grubu elementleri de 6A grubu elementlerinden daha yüksek iyonlaşma enerjisine sahiptir.

Periyodik cetvelde aynı periyotta soldan sağa doğru giderken 1. iyonlaşma enerjisi değişimi şu şekilde olur:

1A < 3A < 2A < 4A < 6A < 5A < 7A < 8A

Bir atomun ardışık iyonlaşma enerjileri A grubu elementlerinin periyodik sistemdeki yeri hakkında bilgi verir.

Tablo 1.3.4: İlk 4 Elementin İyonlaşma Enerjileri (kj/mol)

Element Sembolü	1. İyonlaşma Enerjisi	2. İyonlaşma Enerjisi	3. İyonlaşma Enerjisi	4. İyonlaşma Enerjisi
H	1312			
He	2373	5251		
Li	520	7300	11815	
Be	899	1757	14850	21005

Tablo 1.3.4'te verilen ilk 4 elementin iyonlaşma enerjileri karşılaştırıldığında şu sonuçlara ulaşılır: Hidrojenin 1, helyumun 2, lityumun ise 3 iyonlaşma enerjisi olduğu görülür. Bu elementlerin nötr olduğu

bilindiğine göre sırasıyla elektron sayılarının (atom numaralarının) 1, 2 ve 3 olduğu tespit edilir. Berilyumun kaç tane iyonlaşma enerjisi olduğu tablodan anlaşılamayacağı için berilyumun elektron sayısı hakkında yorum yapılamaz.

Lityumun 1. iyonlaşma enerjisi ile 2. iyonlaşma enerjisi arasındaki farkın çok fazla olması ise lityumun değerlik elektronunun 1 olduğunu ve 1A grubunda bulunduğunu gösterir. Berilyumun 2. iyonlaşma enerjisi ile 3. iyonlaşma enerjisi arasındaki farkın çok fazla olması değerlik elektronunun 2 olduğunu ve 2A grubunda bulunduğunu belirtir. Aynı grupta bulunan lityum ile hidrojenin 1. iyonlaşma enerjileri karşılaştırıldığında ise hidrojenin 1. iyonlaşma enerjisinin büyük olması lityumun atom yarıçapının büyük olduğunu gösterir.

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. Aşağıdaki tabloda bazı elementlerin iyonlaşma enerjileri kj/mol cinsinden verilmiştir. Tabloyu inceleyerek

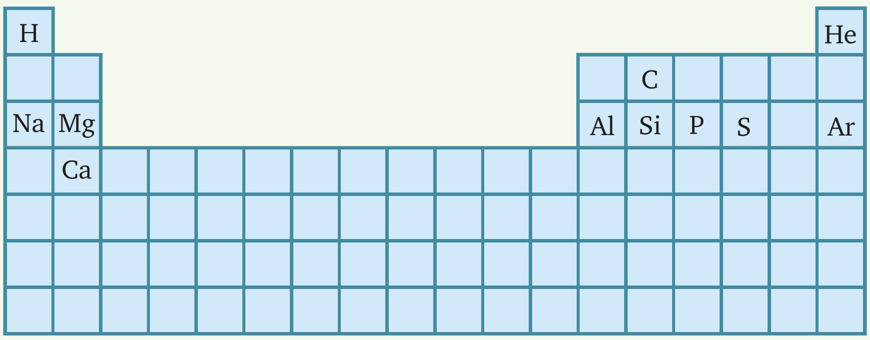
a) Değerlik elektron sayısını,

b) Periyodik sistemdeki grup numaralarını,

c) Aynı grupta yer alan elementler varsa bu elementlerin atom yarıçapının büyüklüğünü karşılaştırınız.

Element	1. İyonlaşma Enerjisi	2. İyonlaşma Enerjisi	3. İyonlaşma Enerjisi	4. İyonlaşma Enerjisi
X	495,9	4560	6900	9540
Y	738,1	1450	7730	10500
Z	418,7	3052	4410	5900
T	589,5	1145	4900	6500

2.



Periyodik sistem, elementlerin artan atom numarasına göre düzenlenmiştir. Hidrojenin atom numarası 1, argonun atom numarası ise 18'dir. Yukarıdaki periyodik sistemden yararlanarak sembolleri verilen elementlerle ilgili aşağıdaki soruları cevaplayınız.

a) Atom yarıçapı en büyük olan element hangisidir?

b) 3. periyotta yer alan elementlerin iyonlaşma enerjilerini büyükten küçüğe doğru sıralayınız.

c) Metalik aktifliği en yüksek olan element hangisidir?

ç) Ametalik aktifliği en yüksek olan element hangisidir?

GELECEĞİN NOBEL ÖDÜLÜ ADAYLARINA

Bilim insanlarının yaptığı çalışmalarla yeni elementler bulunmuş ve periyodik sistemin 7. periyodu tamamlanmıştır. Bilim insanları yaptıkları yeni çalışmalarla 8. periyot elementlerini bulmaya çalışmaktadırlar. Doğada bulunan bütün elementler keşfedildiğine göre bilim insanları nasıl oluyor da yeni elementler keşfedebiliyorlar?

a) Bu konu ile ilgili araştırma yaparak bir poster hazırlayınız.

b) 7. periyoda son olarak eklenen elementleri ve bu elementlerin özelliklerini araştırınız.

c) Yeni bulunan elementler bilime ne gibi katkılar sağlayabilir? Arkadaşlarınızla saygı ve sevgi kuralları çerçevesinde tartışınız.

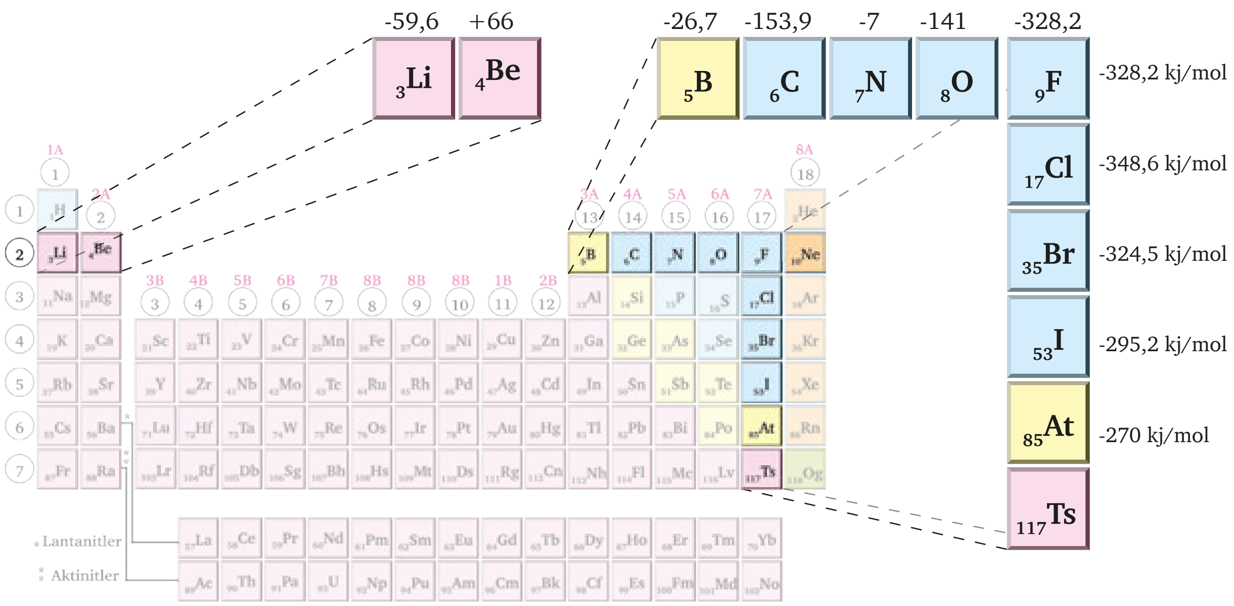
Elektron İlgisi

Gaz hâldeki nötr bir atomun bir elektron alması sırasında oluşan enerji değişimine **elektron ilgisi** denir.

$X(g) + e^- \longrightarrow X^- + E.İ$ E.İ=Elektron İlgisi

Elektron ilgisi Tablo 1.3.5'ten anlaşılacağı gibi ekzotermik (negatif) veya endotermik (pozitif) olabilir.

Tablo 1.3.5: 2. Periyot ve 7A Grubu Elementlerinin Elektron İlgisi



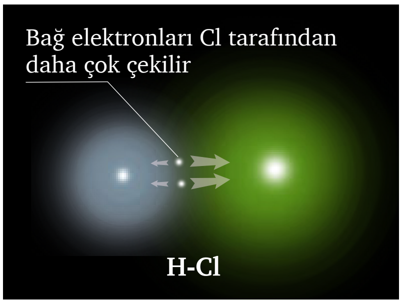
F atomunun elektron ilgisi ekzotermik, Be atomunun elektron ilgisi endotermiktir.

$F(g) + e^- \longrightarrow F^-(g) + \text{Enerji} \quad E.İ = -328{,}2 \text{ kj/mol}$

$Be(g) + e^- + \text{Enerji} \longrightarrow Be^-(g) \quad E.İ = +66 \text{ kj/mol}$

Elektron ilgisi ne kadar büyükse elektron alma isteği o kadar büyüktür. Ametallerin elektron ilgisi genellikle metallerin elektron ilgisinden daha büyüktür. Açığa çıkan enerji ne kadar büyükse elektron ilgisi de o kadar büyüktür. Ametallerde genellikle aynı periyotta grubu büyük olanın, çapı ise küçük olanın elektron ilgisi daha büyüktür.

Periyodik sistemde aynı periyotta soldan sağa doğru gidildikçe (8A hariç) elektron ilgisi genellikle artar. Aynı grupta yukarıdan aşağıya inildikçe elektron ilgisi genellikle azalır fakat 7A grubu elementlerinden Cl'un elektron ilgisi F'dan büyük olduğu için Cl bu duruma uymaz.



Görsel 1.3.8: Hidrojen klorür bileşiğinde klorun bağ elektronlarını çekmesi

Elektronegatiflik

Elektronegatiflik bir atomun kimyasal bağdaki elektronları kendine doğru çekme yeteneğinin bir ölçüsüdür. Örneğin HCl bileşiğinde ortaklaşa kullanılan elektronlar, bağ elektronlarını çekme eğilimi daha büyük olduğu için klorun etrafında daha çok vakit geçirir (Görsel 1.3.8).

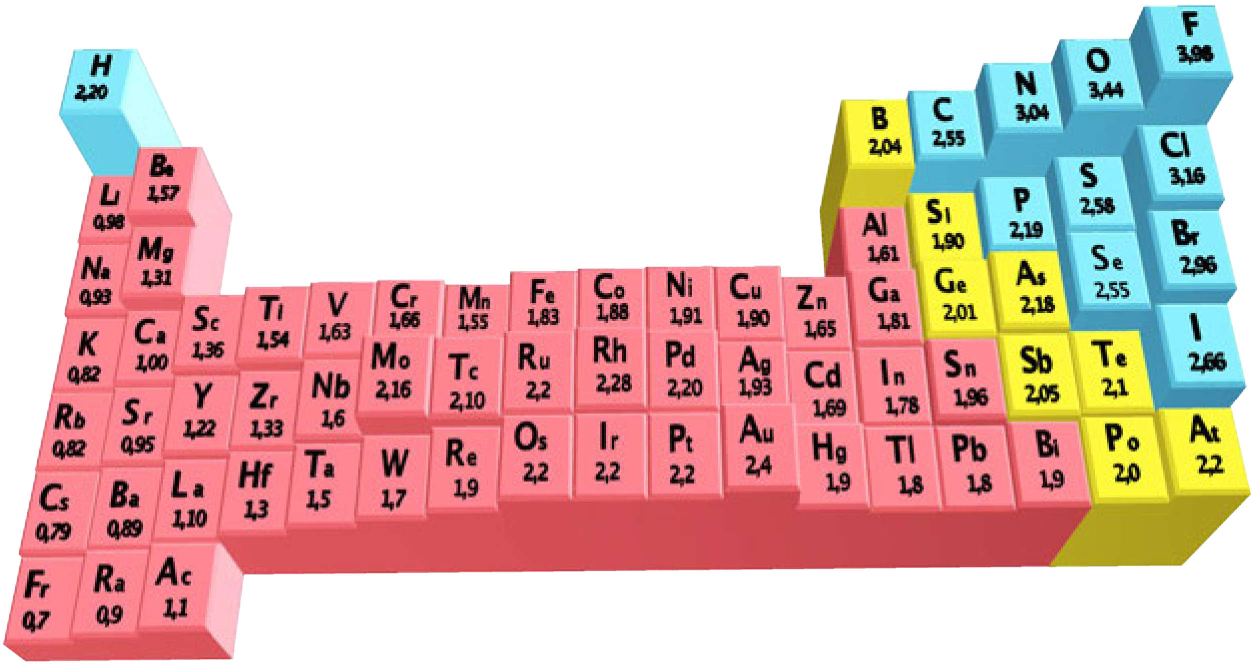
İyonlaşma enerjisi ve elektron ilgisinde olduğu gibi elektronegatiflik, enerji alışverişine neden olmaz. Yalnızca bir moleküldeki atomların birbirine göre bağ elektronlarını çekme eğiliminin bağıl büyüklüğünü ifade eden bir sayıdır.

Pauling (Paulink) elektronegatifliği en yüksek olan flor atomunun elektronegatiflik değerini 4,0 olarak kabul etmiştir.

Bağ elektronlarını çekme eğilimi metallik-ametallik özellik ve elementlerin atom yarıçapları ile de ilişkilidir. Atom yarıçapı küçüldükçe elektronegatiflik artar.

Periyodik sistemde aynı periyotta soldan sağa doğru gidildikçe elektronegatiflik artar. Aynı grupta yukarıdan aşağıya doğru inildikçe elektronegatiflik azalır. Elektronegatifliği en yüksek olan element 7A grubundaki flor, en düşük element ise 1A grubundaki fransiyumdur (Tablo 1.3.6). Soy gazların bağ yapma eğilimleri olmadığı için elektronegatiflik değeri de yoktur.

Tablo 1.3.6: Pauling'e Göre Periyodik Sistemde Elektronegatiflik Değişimi



Oksit ve Hidroksit Bileşiklerinin Asit ve Bazlık Özelliği

Elementlerin oksijenle yaptıkları bileşikler bazik oksit, asidik oksit, amfoter oksit ve nötr oksit olarak sınıflandırılabilir.

Amfoter metaller hariç, metallerin oksitlerinin sulu çözeltisi bazik karakter gösterir. Bu nedenle metal oksitlere bazik oksit de denir. Metal oksitler su ile tepkimeye girdiklerinde hidroksit oluşturur.

$$Na_2O + H_2O \longrightarrow 2NaOH$$

Oluşan hidroksit bileşiği suda ne kadar çok iyonlaşıyorsa bileşiğin bazik özelliği o kadar büyük olur. Periyodik tabloda aynı grupta yukarıdan aşağıya doğru inildikçe metal atomunun çapı artar. Metalle OH^- iyonunun etkileşiminin şiddeti azalır. Böylece metal hidroksit suda daha çok iyonlaşır. Bu nedenle aynı grupta yukarıdan aşağıya doğru inildikçe hidroksit bileşiklerinin bazlık karakteri artar.

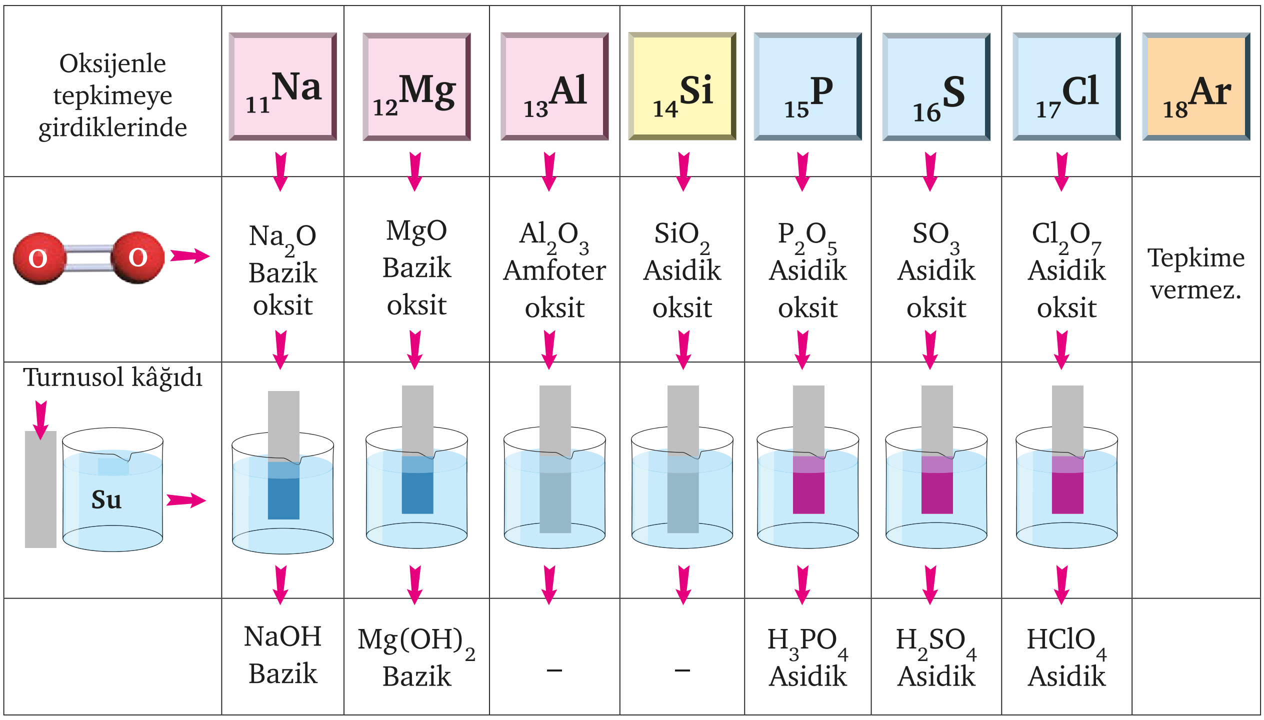
Ametal oksitlerinin genellikle oksijence zengin olanlarına (ametal atomu sayısından daha fazla oksijen atomu içeren CO_2, N_2O_5 vb.) **asidik oksit** denir. Asidik oksitlerin su ile tepkimelerinde H^+ iyonu oluştuğu için sulu çözeltileri asidik özellik gösterir. 7A grubu elementlerinin oluşturduğu HF, HCl, HBr, HI bileşikleri de asittir. Grupta aşağıya doğru inildikçe atom yarıçapı arttığından ametalle hidrojen arasındaki kovalent bağın gücü azalır ve HI suda daha çok iyonlaşır. Bu nedenle asitlik kuvvetleri

HF < HCl < HBr < HI   şeklindedir.

Ametal oksitlerinin genellikle oksijence fakir olanlarına (ametal atomu sayısına eşit veya daha az oksijen atomu içeren CO, NO, N_2O vb.) **nötr oksit** de denir.

Amfoter metallerin (Zn, Pb, Cr, Be, Sn, Al) oksitleri de amfoter özellik gösterir. Asitlere karşı baz, baza karşı asit gibi davranır.

Genellikle periyodik sistemde metallerin oksijenle tepkimelerinden oluşan metal oksitler bazik oksit, ametallerin oksijenle tepkimesinden oluşan ametal oksitler asidik oksittir. Metal oksitlerin sulu çözeltileri bazik, ametal oksitlerin sulu çözeltileri asidik özellik gösterir (Görsel 1.3.9).



Görsel 1.3.9: 3. periyot elementlerinden oluşan oksitlerin su ile tepkimesi

NELER KAZANILDI?

1. Kovalent, iyonik ve van der Waals yarıçapları arasındaki farklılık nereden kaynaklanmaktadır? Açıklayınız.

2. Periyodik sistemde soldan sağa doğru atom yarıçapı azalır. Atom yarıçapına bağlı olarak hangi periyodik özellikler azalır? Açıklayınız.

3. Elektronegatiflik ve iyonlaşma enerjisi periyodik sistemde nasıl değişir? Açıklayınız.

4. **Periyodik özelliklerle ilgili**

   I. İyonlaşma enerjisi aynı periyotta soldan sağa doğru düzenli olarak artar.

   II. Atom yarıçapı (atom hacmi) katman sayısına bağlı olarak yukarıdan aşağıya doğru artar.

   III. Elektronegatiflik aynı grupta yukarıdan aşağıya doğru artar.

   ifadelerinden hangisi ya da hangileri doğrudur?

   A) Yalnız II B) I ve II C) I ve III D) II ve III E) I, II ve III

5. **Periyodik sistemde bulunan elementlerin periyodik özellikleri ile ilgili aşağıdaki yargılardan hangisi doğrudur?**

   A) Aynı grupta bulunan elementlerin metalik/ametalik aktiflikleri aynıdır.

   B) Aynı periyotta bulunan elementlerin 1. iyonlaşma enerjileri aynıdır.

   C) Tüm elementlerin elektron ilgisi sabittir.

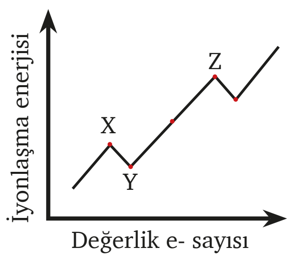
   D) Elektronegatiflik atomların bağ elektronlarını çekme yeteneğidir.

   E) Atom yarıçapı periyodik özellikleri etkilemez.

6. X ve Y aynı grupta, Y ve Z aynı periyottadır. **Atom yarıçapları X > Y > Z olduğuna göre atom numaraları arasında nasıl bir sıralama vardır?**

   A) X > Y > Z B) Z > Y > X C) X > Z > Y D) Z > X > Y E) Y > Z > X

7. Aynı periyotta bulunan X, Y ve Z elementlerinin I. iyonlaşma enerjileri ve değerlik elektron sayıları grafikteki gibi değişmektedir.



   Buna göre X, Y ve Z ile ilgili

   I. X'in atom yarıçapı Y'nin atom yarıçapından büyüktür.

   II. X ve Z'nin elektron dizilimleri küresel simetriktir.

   III. Z'nin elektron ilgisi X ve Y'den daha büyüktür.

   yargılarından hangileri doğrudur?

   A) Yalnız I B) I ve II C) I ve III D) II ve III E) I, II ve III

4. BÖLÜM: ELEMENTLERİ TANIYALIM



NELER KAZANILACAK? Elementlerin periyodik sistemdeki konumu ile özellikleri arasındaki ilişkiler açıklanırken

a) s, p, d bloku elementlerinin metal/ametal karakteri, iyon yükleri, aktiflikleri ve yaptıkları kimyasal bağ tipi elektron dizilimiyle ilişkilendirilecek,
b) f bloku elementlerinin periyodik sistemdeki konumlarıyla ilgili özel durumları vurgulanacak,
c) Asal gaz özellikleri elektron dizilimleriyle ilişkilendirilecektir.

1.4.1. ELEMENTLERİN PERİYODİK SİSTEMDEKİ KONUMU VE ÖZELLİKLERİ

Tablo 1.4.1: Periyodik Sistemde s, p, d, f Bloku Elementleri

1A	2A	3B	4B	5B	6B	7B	8B	8B	8B	1B	2B	3A	4A	5A	6A	7A	8A
$_{1}$H																	$_{2}$He
$_{3}$Li	$_{4}$Be											$_{5}$B	$_{6}$C	$_{7}$N	$_{8}$O	$_{9}$F	$_{10}$Ne
$_{11}$Na	$_{12}$Mg											$_{13}$Al	$_{14}$Si	$_{15}$P	$_{16}$S	$_{17}$Cl	$_{18}$Ar
$_{19}$K	$_{20}$Ca	$_{21}$Sc	$_{22}$Ti	$_{23}$V	$_{24}$Cr	$_{25}$Mn	$_{26}$Fe	$_{27}$Co	$_{28}$Ni	$_{29}$Cu	$_{30}$Zn	$_{31}$Ga	$_{32}$Ge	$_{33}$As	$_{34}$Se	$_{35}$Br	$_{36}$Kr
$_{37}$Rb	$_{38}$Sr	$_{39}$Y	$_{40}$Zr	$_{41}$Nb	$_{42}$Mo	$_{43}$Tc	$_{44}$Ru	$_{45}$Rh	$_{46}$Pd	$_{47}$Ag	$_{48}$Cd	$_{49}$In	$_{50}$Sn	$_{51}$Sb	$_{52}$Te	$_{53}$I	$_{54}$Xe
$_{55}$Cs	$_{56}$Ba	$_{71}$Lu	$_{72}$Hf	$_{73}$Ta	$_{74}$W	$_{75}$Re	$_{76}$Os	$_{77}$Ir	$_{78}$Pt	$_{79}$Au	$_{80}$Hg	$_{81}$Tl	$_{82}$Pb	$_{83}$Bi	$_{84}$Po	$_{85}$At	$_{86}$Rn
$_{87}$Fr	$_{88}$Ra	$_{103}$Lr	$_{104}$Rf	$_{105}$Db	$_{106}$Sg	$_{107}$Bh	$_{108}$Hs	$_{109}$Ml	$_{110}$Dg	$_{111}$Rg	$_{112}$Cn	$_{113}$Nh	$_{114}$Fl	$_{115}$Mc	$_{116}$Lv	$_{117}$Ts	$_{118}$Og
Lantanitler			$_{57}$La	$_{58}$Ce	$_{59}$Pr	$_{60}$Nd	$_{61}$Pm	$_{62}$Sm	$_{63}$Eu	$_{64}$Gd	$_{65}$Tb	$_{66}$Dy	$_{67}$Ho	$_{68}$Er	$_{69}$Tm	$_{70}$Yb	
Aktinitler			$_{89}$Ac	$_{90}$Th	$_{91}$Pa	$_{92}$U	$_{93}$Np	$_{94}$Pu	$_{95}$Am	$_{96}$Cm	$_{97}$Bk	$_{98}$Cf	$_{99}$Es	$_{100}$Fm	$_{101}$Md	$_{102}$No	

Elementlerin kimyasal özellikleri (metal/ametal karakteri, iyon yükleri, aktiflikleri, bağ türü) elektron dizilimi ile ilgilidir. Elektron dizilimi aynı zamanda elementlerin periyodik sistemdeki yerleşme düzenini ve blokunu (s, p, d, f) belirler (Tablo 1.4.1).

Periyodik sistem s, p, d ve f olmak üzere dört bloktan oluşur. Elektron dizilimi s ile biten elementler s bloku, p ile bitenler p bloku, d ile bitenler d bloku ve f ile bitenler f bloku elementidir. s ve p blok elementleri A grubu elementleridir. A grubu elementlerine **baş grup** (ana grup veya temsilci) **elementleri** de denir.

d bloku elementleri B grubu elementleridir. B grubu elementleri yan grup elementleri olarak da bilinir. f bloku elementlerini lantanit ve aktinitler oluşturur (Tablo 1.4.2).

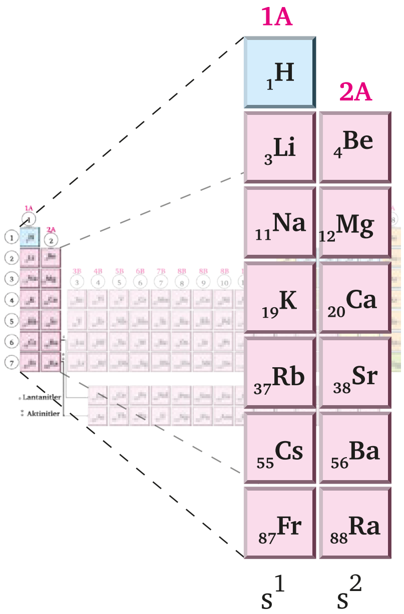
Tablo 1.4.2: Elektron Dizilimi İle Blok İlişkisi

Elektron Dizilimi	Bloku	Blokta Bulunan Elementlerin Grupları
s ile biterse	s bloku	1A ve 2A grubu (baş grup elementleri)
p ile biterse	p bloku	3A, 4A, 5A, 6A, 7A, 8A grupları (baş grup elementleri)
d ile biterse	d bloku	B grupları (geçiş metalleri)
f ile biterse	f bloku	Lantanit ve aktinitler (iç geçiş elementleri)

Periyodik sistemdeki tüm periyotlar s bloku ile başlar, p bloku ile biter (1. periyot hariç). Elementlerin artan atom numarasına göre elektron dizilişleri yazıldığında her periyotta kaç element olduğu anlaşılabilir.

$1s^2$	$2s^2\ 2p^6$	$3s^2\ 3p^6$	$4s^2\ 3d^{10}4p^6$	$5s^2\ 4d^{10}5p^6$	$6s^2\ 4f^{14}5d^{10}6p^6$	$7s^2\ 5f^{14}6d^{10}7p^6$
1. periyotta 2 element	2. periyotta 8 element	3. periyotta 8 element	4. periyotta 18 element	5. periyotta 18 element	6. periyotta 32 element	7. periyotta 32 element

Tablo 1.4.3: 1A ve 2A Grubu Elementleri



s BLOKU ELEMENTLERİ VE ÖZELLİKLERİ

Periyodik sistemde, en solda bulunan ilk iki sütundaki 1A ve 2A grubu elementleri s blokundadır. 8A grubunun ilk elementi olan helyum, elektron dizilişi ($_2$He: $1s^2$) nedeniyle bazı periyodik sistemlerde s blokunda gösterilmektedir. Elementlerin elektron dizilişi s orbitaliyle sonlandığı için s orbitali yarı dolu ya da tam doludur, bu nedenle hepsi küresel simetrik yapıya sahiptir. s blok elementleri aynı periyotta bulunan diğer blok elementlerine göre daha büyük atom hacmine sahiptir. Büyük atom hacimleri nedeniyle yoğunlukları oldukça düşüktür ve hafif metaller sınıfına girer. s blok elementlerinin tepkimeye girme istekleri fazla olduğu için aktif metaller (H hariç) olarak da adlandırılır.

Metal veya Ametal Karakteri

Elektron dizilişi s orbitali ile biten elementlerden hidrojen ametal, helyum soy gaz, diğer elementler metaldir.

Hidrojen ve helyum dışındaki s bloku elementleri parlak yüzeye sahip olma, ısı ve elektriği iyi iletme gibi metallerin tüm özelliklerini gösterir. Aynı periyotta 1A grubu elementlerinin metal karakteri 2A grubundan daha fazladır. Aynı grupta yukarıdan aşağıya doğru elementlerin metallik karakteri artar.

İyon Yükü

s blokunda elekron dizilimleri s^1 ile sonlanan elementler (hidrojen hariç) bileşiklerinde 1 elektron vererek yalnızca +1 yüklü iyon oluşturur. Elektron dizilimleri s^2 ile sonlanan elementler (helyum hariç) bileşiklerinde 2 elektron vererek yalnızca +2 yüklü iyon oluşturur.

Ametal olan hidrojen s^1 orbitalindeki değerlik elektronunu vererek +1 iyon yükü ve 1 elektron alarak -1 iyon yüküne sahip olabilir. Hidrojen, ametallerle yaptığı bileşiklerde pozitif (1+), metallerle yaptığı bileşiklerde negatif (1-) yükseltgenme basamağına sahiptir.

Elektron dizilişi s orbitali ile sonlanan helyum sahip olduğu tek enerji düzeyinin dolu olması nedeniyle elektron alamaz. İyonlaşma enerjisi, aynı periyotta bulunan hidrojenden daha yüksek olduğu için elektron veremez.

Aktiflikleri

Elementlerin tepkimeye girme, bileşik yapabilme isteğine **aktiflik** denir. Metallerin aktifliğinin ölçüsü elektron verme, ametallerin aktifliğinin ölçüsü ise elektron alma eğilimidir. Aynı periyotta metal atomunun son katmanındaki elektron sayısı azaldıkça metalik aktiflik artar. Değerlik elektron sayısı daha az olan 1A grubu elementleri, 2A grubu elementlerine göre daha aktiftir.

1A grubu elementleri aynı periyottaki diğer elementlere göre en aktif gruptur. Ametallerle, hava ve su ile tepkime verdikleri için doğada saf hâlde bulunmazlar. Ametal olan hidrojenin elektron verme isteği Cu, Ag, Hg, Au, Pt gibi metallerden daha fazladır.

Aktif elementler oksijen ile kolayca tepkimeye girdikleri için yüzeyleri oksit tabakası ile örtülür ve parlaklıkları kaybolur. Aktif elementlerin ametallerle tepkimeleri sonucunda hidrür, karbür, sülfür, halojenür, oksit, fosfür ve nitrür bileşikleri oluşturabilir. Su ile şiddetli reaksiyon verir, tepkime sonunda hidroksitler meydana gelir ve hidrojen gazı açığa çıkar. Suyla tepkimeleri sonucunda oluşan metal hidroksitler baz olduğu için s blok metallerinden 1A grubuna alkali metaller, 2A grubuna toprak alkali metaller de denir. Alkali metaller ve alkali metal oksitleri genellikle bazik yapıdadır, asitlerle reaksiyona girerek tuz ve su oluşturur. s bloku elementleri çok aktif oldukları için istenmeyen tepkimeler veya bir patlama olasılığını azaltmak için mineral yağı içerisinde tutulur. Örneğin Li, Na ve K parafinde veya gaz yağında, Rb ve Cs vakumlu ortamda saklanır.

Bağ Tipi

s bloku elementlerinden He kimyasal bağ oluşturmayan bir soy gazdır. s bloku metalleri ametallerle iyonik bağ yapabilir. Ametal olan hidrojen ise metallerle iyonik, ametallerle kovalent bağ oluşturur.

p BLOKU ELEMENTLERİ VE ÖZELLİKLERİ

Periyodik sistemde, en sağda bulunan son altı sütundaki elementlerin elektron dizilişi p orbitaliyle sonlandığı için elementler p blokunda yer alır (Tablo 1.4.4). Bu elementlerin değerlik orbitalleri s ve p'dir.

Metal veya Ametal Karakteri

p blokunda metaller, ametallar, yarı metaller ve soy gazlar bulunur.

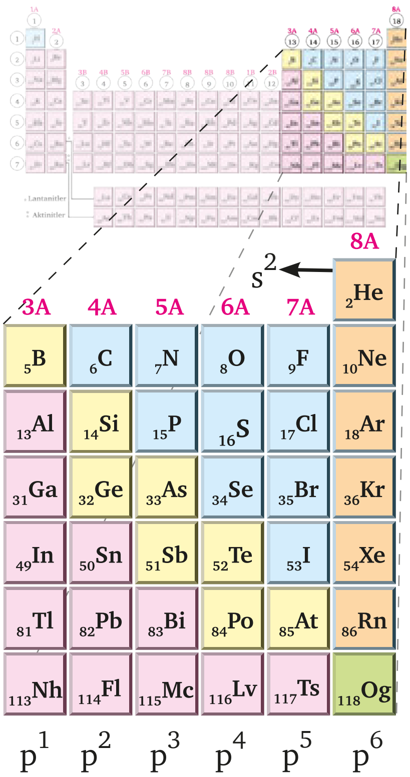
p blokundaki elementlerden Al, Ga, In, Tl, Nh, Sn, Pb, Fl, Bi, Mc, Lv, Ts metal; B, Si, Ge, As, Sb, Te, Po, At yarı metal; C, N, P, O, S, Se, F, Cl, Br, I ametal ve 8A grubu elementleri soy gazdır. Og elementinin metallik ve ametallik özelliği henüz belirlenememiştir.

p blokunda (soy gazlar hariç) aynı periyotta soldan sağa doğru metalik karakter azalır, ametalik karakter artar. Aynı grupta yukarıdan

BİLİYOR MUSUNUZ?

Atom numarası 1, atom kütlesi 1,00784 akb olan hidrojen, 1766 yılında Cavendish (Kevındiş) tarafından keşfedilmiştir. Renksiz, kokusuz, yanıcı bir gazdır. Doğada hidrojenin ^1_1H, ^2_1H, ^3_1H şeklinde 3 farklı izotopu bulunur. Evrendeki element kütlesinin yaklaşık %75'ini oluşturan hidrojen en bol bulunan elementtir.

Tablo 1.4.4: 3A, 4A, 5A, 6A, 7A ve 8A Grubu Elementleri



aşağıya doğru gidildikçe metalik karakter artar, ametalik karakter azalır.

İyon Yükü

p bloku elementlerinin alabileceği iyon yükleri bulundukları gruba ve metal-ametal karakterlerine göre değişmektedir.

3A grubu elementleri $ns^2\ np^1$ elektron dizilimi ile sonlanır. s ve p değerlik orbitallerinde bulunan 3 değerlik elektronunu vererek genellikle +3 yüklü iyon oluşturur. Grupta aşağıya doğru inildikçe elementler p orbitallerindeki 1 elektronu verir. Böylelikle elementlerin +1 yük alma eğilimi artar.

4A grubu elementleri $ns^2\ np^2$ elektron dizilimiyle sonlanır. p orbitalindeki 2 elektronu vererek +2 veya 4 değerlik elektronunu vererek +4 iyon yüküne sahip olabilir. 4A grubunun ilk üyesi olan karbon ametal olması nedeniyle 4 elektron alarak oktet kararlılığına ulaşır ve -4 ile +4 arasında iyon yükü alabilir.

5A grubu elementleri $ns^2\ np^3$ elektron dizilimiyle sonlanır. p orbitalindeki 3 elektronu vererek +3 veya 5 değerlik elektronunu vererek +5 iyon yükü alabilir. Azot ve fosfor ametalleri 3 elektron alarak -3 iyon yüküne de sahip olabilir.

6A grubu elementlerinin elektron dizilimi ise $ns^2\ np^4$ şeklindedir. 6A grubu elementleri kimyasal tepkimeye girdiklerinde genellikle iki elektron alarak -2 iyon yüküne sahip olur. Grupta aşağıya doğru inildikçe +6, +4 ve +2 iyon yükleri de yaygın olarak görülür.

Grubun ilk üyesi olan oksijen, flor ile yaptığı OF_2 bileşiği dışında negatif iyon yüküne sahiptir. Sadece -1 iyon yüküne sahip olan flor ile yaptığı bileşikte ise O^{2+} iyon yükünü alır.

$ns^2\ np^5$ elektron dizilimi ile toplam 7 değerlik elektronu bulunan 7A grubu elementlerinde -1 iyon yükü yaygın olarak görülür. En aktif ametal olan flor elementi, bileşiklerinde sadece -1 yüklü iyon oluşturur. Grubun diğer elementleri genellikle -1 den +7'ye kadar iyon yükü alabilir.

Periyodik cetvelin p blokunun en son sütununda soy gazlar (asal gazlar) yer alır. Helyum dışındaki soy gazların elektron dizilişi $ns^2\ np^6$ ile sonlanır. Soygazlar elektron dağılımlarında son kabuklarının tamamen dolu olması nedeniyle kararlı yapıya sahiptir, elektron alışverişinde bulunmak istemez. Genel olarak tepkimeye girme istekleri yoktur.

Aktiflikleri

7A grubu elementleri p blokunun en aktif ametalleridir ve aktiflikleri grupta yukarı doğru artar. 7A grubundaki halojenler en aktif ametalleri oluşturur. Halojenler iyonlaşma enerjileri ve elektron ilgilerinin çok yüksek olması nedeniyle doğada genellikle bileşikleri hâlinde bulunur.

7A grubu elementlerinin hepsi, astatin hariç, doğada tuz hâlinde bulunur. Gruptaki son element olan astatin, radyoaktif bir elementtir ve özellikleri tam olarak incelenememiştir. Ametallerin en aktifi olan flor soy gazlar hariç tüm elementlerle doğrudan tepkime verebilir. Halojenler metallerle yaptıkları tuz bileşikleri dışında diğer ametallerle ve kendi aralarında moleküler yapılı bileşikler oluşturur. Halojenlerin özellikle hidrojenli bileşikleri olan asitler ve oksijenli bileşikleri olan oksitler yaygın olarak görülür.

p bloku metallerinin aktifliği 3A grubunda aşağıya doğru artar. s bloku metallerine göre aktiflikleri daha azdır. 3A grubunun ilk elementi

olan bor gruptaki diğer elementlere göre kimyasal tepkimelere girme eğilimi az olan bir yarı metaldir.

p blokunda bir periyotta soldan sağa doğru gidildikçe elementlerin metalik aktifliği azalır, ametalik aktifliği artar.

p blokunda bir grupta yukarıdan aşağıya doğru inildikçe elementlerin atom hacmi artar, iyonlaşma enerjisi ve elektronegatifliği genellikle azalır. Aynı grupta aşağıya doğru inildikçe atomların elektron vermesi kolaylaşır. Elementlerin metalik aktifliği artar, ametalik aktifliği azalır.

Bağ Tipi

p bloku elementlerinden soy gazlar özel koşullar dışında kimyasal bağ oluşturmaz. p bloku metalleri iyonik bağ yapabilir. Bloktaki ametaller ve yarı metaller iyonik ve kovalent bağ oluşturabilir.

p blok ametalleri metallerle iyonik, kendi aralarında veya diğer ametallerle kovalent bağ oluşturarak moleküler bileşikleri meydana getirir.

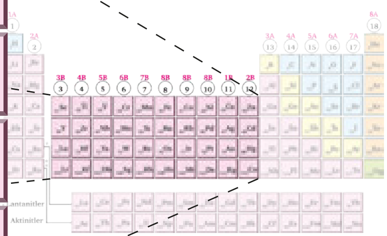
d BLOKU ELEMENTLERİ VE ÖZELLİKLERİ

d bloku periyodik sistemde s bloku ile p bloku (2A ve 3A grupları) arasında yer alır (Tablo 1.4.5). 10 sütundan oluşan, elektron dizilişleri d orbitaliyle sonlanan elementleri içeren bloktur. Periyodik sistemde d bloku elementleri 4. periyottan başlayarak her periyotta bulunur. 3B grubu ile başlar ve 2B grubu ile biter. d blokunda toplam 10 sütun olmasına rağmen 8 tane B grubu bulunmasının nedeni 8B grubunun üç alt sütundan oluşmasıdır. d bloku elementlerinin sayısı diğer blok elementlerinin sayısından fazladır.

Tablo 1.4.5: 3B, 4B, 5B, 6B, 7B, 8B, 1B ve 2B Grubu Elementleri

d bloku elementleri geçiş elementleri veya geçiş metalleri olarak

3B	4B	5B	6B	7B	8B	8B	8B	1B	2B
$_{21}$Sc	$_{22}$Ti	$_{23}$V	$_{24}$Cr	$_{25}$Mn	$_{26}$Fe	$_{27}$Co	$_{28}$Ni	$_{29}$Cu	$_{30}$Zn
$_{39}$Y	$_{40}$Zr	$_{41}$Nb	$_{42}$Mo	$_{43}$Tc	$_{44}$Ru	$_{45}$Rh	$_{46}$Pd	$_{47}$Ag	$_{48}$Cd
$_{71}$Lu	$_{72}$Hf	$_{73}$Ta	$_{74}$W	$_{75}$Re	$_{76}$Os	$_{77}$Ir	$_{78}$Pt	$_{79}$Au	$_{80}$Hg
$_{103}$Lr	$_{104}$Rf	$_{105}$Db	$_{106}$Sg	$_{107}$Bh	$_{108}$Hs	$_{109}$Ml	$_{110}$Dg	$_{111}$Rg	$_{112}$Cn
d^1	d^2	d^3	d^4	d^5	d^6	d^7	d^8	d^9	d^{10}



adlandırılır. Geçiş elementlerinin öz kütleleri genellikle fazladır ve çoğu, ağır metal olarak da sınıflandırılır.

Metal veya Ametal Karakteri

Elektron dizilişi d orbitali ile biten d bloku elementlerinin tamamı metalik karakterdedir.

Geçiş metalleri genellikle parlak ve gümüşsü bir renktedir. Geçiş metallerinin erime-kaynama noktaları yüksektir. Sert metallerdir, ısı ve elektrik iletkenlikleri iyidir. Bakır (Cu), altın (Au) ve gümüş (Ag) en iyi iletkenler arasındadır. d bloku elementlerinin özellikleri kendi aralarında büyük ölçüde farklılıklar gösterebilir. Örneğin cıva oda sıcaklığında sıvı hâldeyken tungsten 3400 ^{o}C'a kadar erimez. Altın, bakır ve gümüş gibi bazı metaller oldukça yumuşak iken kobalt gibi bazı metalleri şekle sokmak daha zordur.

d blokunda aynı periyotta soldan sağa doğru ve aynı grupta yukarıdan aşağıya doğru metalik karakter genellikle artar.

İyon Yükü

d blokunda bulunan geçiş elementleri kimyasal olaylarda elektron diziliminin en sonundaki s orbitalleri ve d orbitallerindeki bazı elektronları vererek farklı pozitif iyon yüküne sahip olabilir.

Geçiş metallerinin elektron dizilişleri ns (n-1)d orbitalleri ile sonlanır. d bloku metalleri, son katmanda bulunan s orbitalindeki elektronlarla beraber daha alt katmanda bulunan d orbitalindeki elektronları da verebilir. Geçiş metalleri elektron verirken d orbitalinden önce dış katmandaki s orbitalinden elektron verir.

B grubu elementleri genellikle bileşiklerinde birden çok iyon yükü alabilir. Örneğin Cu^{1+}, Cu^{2+}; Hg^{1+}, Hg^{2+}; Fe^{2+}, Fe^{3+}; Sn^{2+}, Sn^{4+}; Pb^{2+}, Pb^{4+}.

d blokunun ilk elementi olarak 3B grubunda bulunan skandiyum metali $_{21}Sc$: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^1$ elektron dizilişine sahiptir. Kimyasal olaylarda 4s orbitalindeki 2 ve 3d orbitalindeki 1 elektronu vererek +3 iyon yükünü alabilir.

8B grubunun ilk elementi olan demir $_{26}Fe$: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^6$ elektron dizilişine sahiptir. Kimyasal olaylarda 4s orbitalinden 2 elektron vererek +2 veya 4s orbitalinden 2, 3d orbitalinden 1 elektron vererek +3 iyon yüküne sahip olabilir.

Demir ile aynı periyotta ve 8B grubunda bulunan nikel $_{28}Ni$: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^8$ elektron dizilişine sahiptir. Kimyasal olaylarda +2 veya +3 iyon yüküne sahip olabilir. Nikel ile aynı grupta bulunan palladyum (Pd) bileşiklerinde genellikle +2, +4, platin (Pt) ise +2, +4, iyon yükünde bulunabilir.

Bakır metali $_{29}Cu$: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^1\ 3d^{10}$ elektron dizilişindedir. Kimyasal olaylarda 4s orbitalinden 1 elektron vererek +1 veya 4s orbitalinden 1, 3d orbitalinden 1 elektron vererek +2 iyon yükünü alabilir. Bakır ile aynı grupta olmasına rağmen gümüş (Ag) metali +1 yüke, altın (Au) metali ise +1 ve +3 yüke sahiptir.

4. periyotta d blokunun son elementi olan çinko $_{30}Zn$: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^{10}$ elektron dizilişine sahiptir ve tam dolu d orbitalleri ile sonlanır. Geçiş metallerinin çoğu dolu olmayan d orbitalleri nedeniyle değişik iyon yüklerinde bulunabilirken Zn sadece +2 iyon yükünde bulunur. Zn ile aynı gruptaki cıva (Hg) elementi bileşiklerinde +1 ve +2 yüklerine sahiptir.

Aktiflikleri

Geçiş metallerinin aktiflikleri değişkendir. Geçiş metallerinin kimyasal tepkimelere ilgisi aktifliklerine göre değişir.

d blokunda bulunan ve soy metal olan altın (Au) ve platin (Pt) elementleri aktif olmadıkları için hava, su, asit ve bazlarla tepkime vermez. Yalnızca kral suyu ile tepkime verir.

Bakır (Cu), gümüş (Ag), cıva (Hg) ise yarı soy metaldir ve aktiflikleri oldukça düşüktür. Bu nedenle doğada serbest hâlde bulunabilir. Oksijenle çok yavaş tepkime verir. Asitlerin de oksijenli ve kuvvetli olanları ile tepkime verir.

Demir ve titanyum gibi birçok geçiş metali, oksijen ile kolayca tepkimeye girerek oksitlerini oluşturur.

Geçiş metallerinin çoğu, asitlerdeki hidrojen iyonu (H^+) ile yer değiştirerek hidrojen gazı (H_2) çıkaracak kadar aktiftir. Metalik aktiflik aynı grupta aşağıya doğru genellikle artsa da 1B grubunda bulunan çinko (Zn), kadmiyumdan (Cd) daha aktiftir. Çinko ve kadmiyum, asitlerle tepkimesinden hidrojen gazı açığa çıkarırken aynı grupta bulunan cıva çıkaramaz. Her üç metal de suda hidrojen açığa çıkaracak kadar aktif değildir.

6B grubunun ilk elementi olan kromun (Cr) yüzeyinde oksit tabakası oluştuğundan metalik aktifliği beklenenden çok daha azdır ve oksit tabakası sayesinde havadan, sudan etkilenmez. Kromun toz hâli ise çok aktiftir.

7B grubunun ilk elementi olan mangan (Mn), kroma göre daha aktiftir. Manganın bu durumu aynı periyotta beklenenin tersidir. Mn, Zn, Cr, Fe gibi bazı geçiş metalleri oldukça aktiftir ve aktif ametallerle bileşik oluşturabilir. Aktifliği hidrojenden az olan soy metaller (Au, Pt, Ag, Cu, Hg) dışındaki geçiş metalleri doğada oksit, sülfür, sülfat, karbonat bileşikleri hâlinde bulunabilir.

BİLİYOR MUSUNUZ?

HCl ile HNO_3 karışımına kral suyu denir. Bazı metaller hiçbir asitle tepkime vermez ancak kral suyu ile tepkime verir.

Bağ Tipi

d bloku elementlerinin tamamı metaldir ve iyonik bağ yapabilir.

Geçiş metalleri ametallerle iyonik bağ yaparak tuz ($FeCl_3$, HgI_2 gibi) oluşturur.

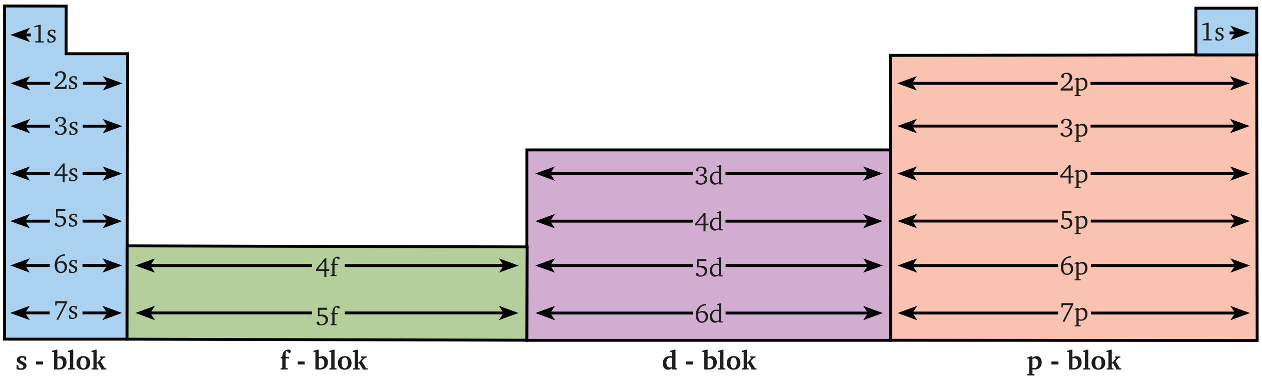
d bloku metallerini bir arada tutan güçlü etkileşim metalik bağdır. Fakat yarı dolu d orbitallerinin örtüşmesi sonucunda bazı elementler metalik karakter dışında kovalent karakter de gösterebilir. Örneğin geçiş metallerinden manganın oluşturduğu MnO, erime noktası 1785 °C olan, yeşil renkli iyonik bir katıdır. Manganın oluşturduğu diğer bir bileşik Mn_2O_7 ise moleküler yapıdadır.

BİLİYOR MUSUNUZ?

Geçiş metalleri tam dolu olmayan d orbitalinden dolayı renklilik, kompleks oluşturma ve manyetiklik gibi özelliklere de sahip olabilir. Geçiş metalleri su veya amonyak gibi moleküllerle kararlı bileşikler oluşturabilir. Geçiş metallerinin katyonu, ortaklanmamış elektron çifti içeren iyon veya moleküllerle çevrilir. Daha karmaşık yapıda olan bu bileşiklere **kompleks bileşikler** veya **koordinasyon bileşikleri** denir. Geçiş elementlerinin d orbitallerinin ışığa duyarlı oluşu bileşiklerin katı hâlde ve çözeltilerinde renkli olmasını sağlar. Örneğin $CoCl_3.6NH_3$ sarı, $CoCl_3.5NH_3$ mor, $CoCl_3.4NH_3$ yeşil, $CoCl_3.5NH_3.H_2O$ kırmızı, $IrCl_3.6NH_3$ beyazdır.

f BLOKU ELEMENTLERİ VE ÖZELLİKLERİ

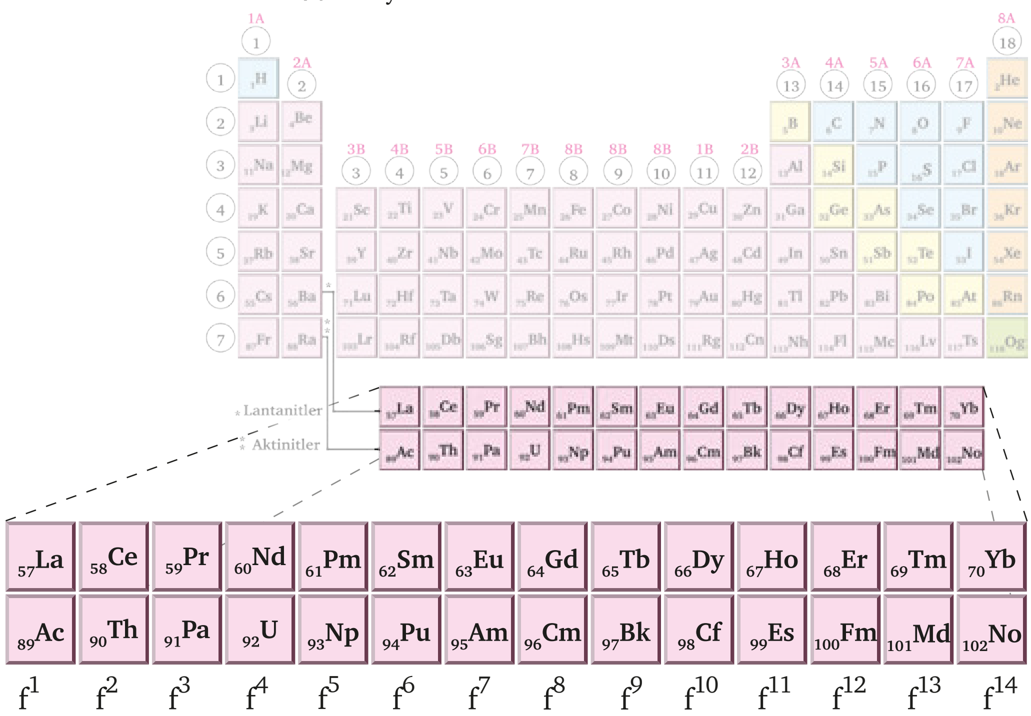
Tablo 1.4.6: Periyodik Sistemde Bloklar



Bir atomun elektron dizilimi yazıldığında 6. enerji düzeyinden itibaren f orbitalleri de dolmaya başlar. Periyodik sistemde de 6 ve 7. periyotta f bloku elementleri yer alır. s bloku elementleri ile d bloku elementleri arasında yer alan f bloku elementleri Tablo1.4.6'da görüldüğü gibi periyodik sistemin çok uzun olmasını engellemek amacıyla periyodik sistemin alt kısmına ayrı bir blok olarak yerleştirilmiştir (Tablo 1.4.7).

f bloku elementlerine **iç geçiş elementleri** ya da **iç geçiş metalleri** denir. f bloku metallerinin 1. yatay sırasına **lantanitler**, 2. yatay sırasına **aktinitler** adı verilir. f blok elementleri ısı ve elektriği iyi iletir. f bloku elementlerinin erime ve kaynama noktaları yüksektir. Renkleri gümüşe benzer. Lantanit ve aktinitler genellikle yüksek atom yoğunluğuna sahip, iyonlaşma enerjileri oldukça düşük olan aktif elementlerdir. Kimyasal özellikleri birbirine benzeyen f bloku elementlerinin atom hacimleri birbirine yakındır ve bileşiklerinde genellikle +3 iyon yüküne sahiptir. Lantanitlerden prometyum (Pm) elementi ve tüm aktinitler radyoaktif özelliğe sahiptir.

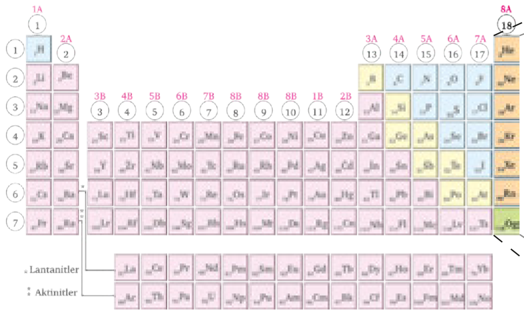
Tablo 1.4.7: Periyodik Sistemde f Bloku

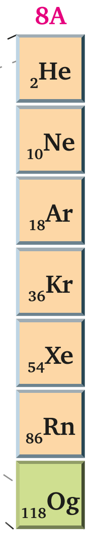


ASAL GAZ ÖZELLİKLERİ VE ELEKTRON DİZİLİMİ

Periyodik sistemin 8A grubunda helyum (He), neon (Ne), argon (Ar), kripton (Kr), ksenon (Xe) ve radon (Rn) asal gazları (soy gazlar) bulunur (Tablo 1.4.8).

Tablo 1.4.8: 8A Grubu Elementleri





Asal gazlardan helyumun elektron dizilimi $1s^2$, diğerlerinin elektron dizilimi ns^2 np^6 ile sonlanır. Asal gazlar elektron diziliminde alt kabukların tamamen dolu olması nedeniyle kararlıdır, tepkimeye girmek istemez ve standart koşullarda tek atomludur. Aşağıda asal gazların elektron dizilimleri verilmiştir.

Element	Katman Elektron Dizilimi	Elektron Dizilimi
Helyum ($_2$He)	2	$1s^2$
Neon ($_{10}$Ne)	2, 8	[He] $2s^2$ $2p^6$
Argon ($_{18}$Ar)	2, 8, 8	[Ne] $3s^2$ $3p^6$
Kripton ($_{36}$Kr)	2, 8, 18, 8	[Ar] $4s^2$ $3d^{10}$ $4p^6$
Ksenon ($_{54}$Xe)	2, 8, 18, 18, 8	[Kr] $5s^2$ $4d^{10}$ $5p^6$

Asal gazların elektron dizilimi incelendiğinde, helyum hariç, değerlik elektronlarının 8, değerlik orbitallerinin s ve p olduğu görülür. Elektron dizilimlerinde p orbitali tam dolu ve küresel simetrik yapıdadır. Kararlı elektron dizilimi nedeniyle asal gazların genellikle kimyasal aktifliği ve bağ yapma özelliği yoktur. Ayrıca asal gazların iyonlaşma enerjileri kendileriyle aynı periyotta bulunan diğer elementlerden daha yüksektir ve asal gazlardan elektron koparmak zordur.

Orbitalleri tam dolu olduğu için 8A grubu elementleri elektron almaz. Ancak özel şartlar altında Kr, Xe ve Rn'un bileşikleri sentezlenmiş, He ve Ne'un bileşikleri henüz sentezlenememiştir.

Asal gazların diğer bir özelliği de atomları arasındaki kuvvetlerin yok denecek kadar az olmasıdır. Atomlar arasında zayıf London kuvvetleri (indüklenmiş dipol-indüklenmiş dipol etkileşimi) bulunur. Bu nedenle asal gazların erime-kaynama noktaları çok düşüktür ve standart şartlar altında ideal gaza çok yakındır.

NELER KAZANILDI?

1. s bloku metalleriyle ilgili

I. Değerlik elektron sayıları 1 veya 2’dir.
II. Atom çapları aynı periyottaki diğer elementlerden daha küçüktür.
III. Havada kendiliğinden yanarak oksitler oluşturur.
IV. +1 veya +2 iyon yükü alır.
V. Yanma tepkimeleri endotermiktir.

yukarıdaki bilgilerden doğru olan “D”, yanlış olan “Y” olarak değerlendirildiğinde hangi sıralama elde edilir?

A) Y, Y, D, D, Y B) D, Y, Y, D,Y C) Y, D, Y, D, D D) D, Y, D, D, Y E) D, Y, D, Y, Y

2. Aşağıda verilen bilgilerden hangisi p bloku elementlerinin genel özelliklerinden değildir?

A) Son enerji seviyelerindeki s ve p orbitallerinde toplam 3, 4, 5, 6, 7 veya 8 elektronları vardır.
B) Blokta soldan sağa gidildikçe ametallerin aktifliği artar.
C) Blokta yukarıdan aşağı inildikçe metallerin aktifliği azalır.
D) Değerlik orbitalleri s ve p olabilir.
E) Blokta yukarıdan aşağı inildikçe çekirdek yükü artar.

3. 5A grubu elementleri ile ilgili aşağıdaki özelliklerden hangisi yanlıştır?

A) Elektron dizilimleri ns^2 np^5 ile sonlanır.
B) Grupta aşağıya doğru inildikçe elektron verme isteği artar.
C) Küresel simetri özelliği gösterir.
D) Grupta metal, yarı metal ve ametal türü element bulunur.
E) Bileşiklerinde -3, +5 arası değerlik alırlar.

4. Aşağıdaki tabloda elementlerle ilgili boş bırakılan yerleri doldurunuz.

Element	Bulunduğu Blok	Değerlik Orbital Çeşidi	Değerlik Elektron Sayısı	Metal, Ametal, Asal Gaz Karakteri	Alacabileceği İyon Yükü	Kimyasal Bağ Tipi
$_{9}F$						
$_{10}Ne$						
$_{25}Mn$						
$_{16}S$						
$_{23}V$						
$_{20}Ca$						

5. BÖLÜM: YÜKSELTGENME BASAMAKLARI



NELER KAZANILACAK? **Yükseltgenme basamakları ile elektron dizilimleri arasındaki ilişki açıklanırken**

a) Ametallerin anyon hâlindeki yükleriyle yükseltgenme basamakları arasındaki fark örneklendirilecek,

b) d bloku elementlerinin birden çok yükseltgenme basamağında bulunabilmeleri, elektron dizilimleriyle ilişkilendirilecektir.

1.5.1 YÜKSELTGENME BASAMAKLARI VE ELEKTRON DİZİLİMLERİ

Ametaller metallerle oluşturdukları bileşiklerde elektron alarak anyon hâline gelir. Örneğin NaCl bileşiğinde ametal olan klor 1 elektron alarak -1 yüklü iyon hâline gelir. Ancak ametaller kovalent bağla oluşturdukları bileşiklerde NaCl bileşiğinde olduğu gibi net bir yüke sahip değildir. Çünkü kovalent bağlı bileşiklerde elektron alışverişi değil, elektronların ortaklaşa kullanımı vardır. Örneğin ClO_2, ClO_3 ClF_3, ClF_5 moleküllerinde Cl atomlarını sırasıyla +4, +6, +3 ve +5 elektron kaybetmiş iyonlar olarak kabul etmek doğru olmaz. Bu nedenle bu tür olaylarda iyon yükü yerine yükseltgenme basamağı kavramının kullanılması daha uygundur.

Bir atomun moleküldeki veya iyonik bileşikteki yük sayısına **yükseltgenme basamağı (yükseltgenme sayısı)** denir. İyon yükü sadece iyonik bileşikte bulunan iyonların yükü için kullanılabilir. Yükseltgenme basamağı ise tüm elementlerin, iyonik bileşiklerdeki iyonların ve moleküler yapıdaki atomların yükleri için kullanılabilen daha geniş bir kavramdır.

Atomların bileşiklerinde alabileceği yükseltgenme basamakları elektron dizilimi ile ilgilidir.

- Elektron dizilimi ns^1 şeklinde sonlanan H hariç 1A grubu elementleri ve geçiş metallerinden Ag'ün yükseltgenme basamağı yalnızca +1'dir. H'in yükseltgenme basamağı genellikle +1'dir. Fakat metallerle oluşturduğu hidrür bileşiklerinde -1 yükseltgenme basamağını alır.

BİLİYOR MUSUNUZ?

Hidrojen, metallerle yaptığı bileşiklerde 1- yükseltgenme basamağı alır. Bu tür bileşiklere **hidrür bileşikleri** denir.

Sodyum hidrür ($Na^{+}H^{-}$) bileşiği gibi.

- Elektron dizilimi ns^2 şeklinde sonlanan 2A grubu metalleri ve Zn'nun yükseltgenme basamağı +2'dir. Elektron dizilimi $ns^2\ np^1$ şeklinde sonlanan 3A grubu elementlerinin yükseltgenme basamağı +3'tür.
- Elektron dizilimi $ns^2\ np^2$ şeklinde sonlanan 4A grubu metalleri p orbitalindeki 2 elektronunu vererek +2, değerlik elektronlarının tamamını vererek +4; gruptaki ametaller ise -4 ile +4 arasındaki değerlerde yükseltgenme basamağında bulunabilir.
- Elektron dizilimi $ns^2\ np^3$ şeklinde sonlanan 5A grubu metalleri p orbitalindeki 3 elektronunu vererek +3, değerlik elektronlarının tamamını vererek +5; gruptaki ametaller ise 3 elektron alarak -3 yükseltgenme basamağında bulunabilecekleri gibi -3 ile +5 arasındaki yükseltgenme basamağı değerlerini alabilir.
- Elektron dizilimi $ns^2\ np^4$ şeklinde sonlanan 6A grubu, p orbitalindeki 4 elektronunu vererek +4, değerlik elektronlarının tamamını vererek +6; gruptaki ametaller ise ayrıca 2 elektron alarak -2 yükseltgenme basamağında bulunabilir. O'in yükseltgenme basamağı genellikle -2'dir. Oksijen 1A ve 2A grubu elementleriyle oluşturduğu peroksitlerde (H_2O_2, Na_2O_2, K_2O_2, MgO_2, CaO_2,...) -1 ve florla oluşturduğu OF_2 bileşiğinde +2 yükseltgenme basamağındadır.
- Elektron dizilimi $ns^2\ np^5$ şeklinde sonlanan 7A grubu, p orbitalindeki 5 elektronunu vererek +5, değerlik elektronlarının tamamını vererek +7 değerlik alabilir. F hariç gruptaki ametaller -1 ile +7 arasında yükseltgenme basamağında bulunabilir. F bütün bileşiklerinde -1 yükseltgenme basamağındadır. Diğer 7A grubu elementlerinin (Cl, Br, I gibi) yükseltgenme basamağı genellikle -1'dir.
- K, Mg, Al, Cl_2, O_2, O_3, P_4, S_8 gibi serbest element durumunda bileşik yapmamış her bir atomun yükseltgenme basamağı 0'dır. Örneğin Cl_2 molekülündeki iki Cl atomu da 0 yükseltgenme basamağına sahiptir.
- Tek atom içeren iyonlarda atomun yükseltgenme basamağı iyon yüküne eşittir. Örneğin K^{+} iyonu +1, Mg^{2+} iyonu +2, O^{2-} iyonu -2, N^{3-} iyonu -3 yükseltgenme basamağına sahiptir.
- Çok atomlu iyonlarda atomların yükseltgenme basamakları toplamı iyon yüküne eşittir. Örneğin SO_4^{2-} iyonundaki atomların yükseltgenme basamakları toplamı -2'dir. Oksijenden gelen yük 4(-2)= -8'dir. Toplam yükün -2 olabilmesi için S atomunun yükü +6 olmalıdır.
- Bileşiklerde atomların yükseltgenme basamakları toplamı 0'dır. Örneğin SO_3 bileşiğindeki atomların yükseltgenme basamakları toplamı 0'dır. Oksijenden gelen yük 3(-2)= -6'dır. Toplam yükün 0 olabilmesi için S atomunun yükü +6 olmalıdır.

HATIRLAYINIZ

Aşağıdaki tablolarda yaygın olarak kullanılan bazı katyon ve anyonların sembolleri, yükleri ve adları hatırlatılmıştır (Tablo 1.5.1 ve Tablo 1.5.2).

Tablo 1.5.1: Sık Kullanılan Katyonlar

1+ Yüklü		2+ Yüklü		3+ Yüklü	
H^+	Hidrojen	Be^{2+}	Berilyum	Al^{3+}	Alüminyum
Li^+	Lityum	Mg^{2+}	Magnezyum	Fe^{3+}	Demir
Na^+	Sodyum	Ca^{2+}	Kalsiyum		
K^+	Potasyum	Ba^{2+}	Baryum		
Ag^+	Gümüş	Zn^{2+}	Çinko		
NH_4^+	Amonyum	Cu^{2+}	Bakır		
Cu^+	Bakır	Fe^{2+}	Demir		

Tablo 1.5.2: Sık Kullanılan Anyonlar

1- Yüklü		2- Yüklü		3- Yüklü	
H^-	Hidrür	O^{2-}	Oksit	N^{3-}	Nitrür
F^-	Florür	S^{2-}	Sülfür	P^{3-}	Fosfür
Cl^-	Klorür	CO_3^{2-}	Karbonat	PO_4^{3-}	Fosfat
Br^-	Bromür	SO_4^{2-}	Sülfat		
I^-	İyodür				
OH^-	Hidroksit				
CN^-	Siyanür				
NO_3^-	Nitrat				
CH_3COO^-	Asetat				

ÖRNEK VE ÇÖZÜM

Örnek

1. Kükürt ($_{16}S$) atomunun elektron dizilimini yazarak olası yükseltgenme basamaklarını belirtiniz.

Çözüm

1. $_{16}S$: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^4$

S atomu, n=3 katmanındaki değerlik elektronlarını verebilen veya son katmanına 2 elektron alarak sayısını 8 elektrona (oktet) tamamlayabilen bir ametaldir. S atomunun bileşik yaptığı element atomu daha elektronegatif bir atom olduğunda önce p orbitalindeki 4 elektronunu vererek S^{4+} veya dış katmandaki 6 değerlik elektronunun tamamını vererek S^{6+} yükseltgenme basamağında olabileceği tahmin edilir. S kendisinden daha az elektronegatifliğe sahip olan bir atomla bağlanıyorsa 2 elektron alarak S^{2-} yükseltgenme basamağında olacaktır.

2. Aşağıda verilen bileşiklerdeki kükürt atomunun yükseltgenme basamaklarını bulunuz.

a) SO_2
b) SF_6
c) Na_2S

2.

a) SO_2 bileşiğinde O^{2-} yükseltgenme basamağındadır. İki O atomunun yükler toplamı 2(-2)= -4'tür. Toplam yükün sıfır olabilmesi için S atomu +4 yükseltgenme basamağında bulunur.

b) SF_6 bileşiğinde bulunan flor atomu bileşiklerinde sadece -1 yükseltgenme basamağında bulunabilir. 6 flor atomundan gelen yük 6(-1)= -6'dır. Bu durumda S atomu +6 yükseltgenme basamağında bulunur.

c) Na_2S iyonik bileşiğinde S atomu 1A grubu metallerinden Na ile bileşik oluşturmuştur. Na metali bileşiklerinde +1 yükseltgenme basamağında olduğu için S atomunun yükseltgenme basamağı -2 olacaktır.

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. Azot ($_7N$) atomunun elektron dizilimini yazarak olası yükseltgenme basamaklarını belirtiniz.

2. Aşağıda verilen bileşiklerde azot atomunun yükseltgenme basamaklarını bulunuz.

a) NH_3 b) Mg_3N_2 c) N_2O ç) NO d) NO_2 e) N_2O_3 f) N_2O_5

ÖRNEK VE ÇÖZÜM

Örnek

1. H_3PO_4 bileşiğinde P atomunun yükseltgenme basamağını bulunuz.

Çözüm

1. H_3PO_4 bileşik olduğu için H, P ve O atomlarından gelen toplam yük sıfır olmalıdır.

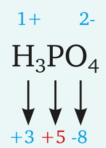
3H + P + 4O = 0 (H ametallerle 1+ yükünü alır.)

3(+1) + P + 4(-2) = 0

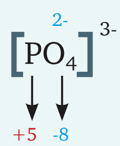
(+3) + P + (-8) = 0

P = +5

Yukarıda yapılan matematiksel işlem molekülün üstünde de yapılabilir.



Diğer bir yöntem P atomu PO_4^{3-} (fosfat) iyonunda bulunduğu için toplam yükün 3- olduğu dikkate alınarak P'un yükseltgenme basamağı bulunur.



ÖRNEK VE ÇÖZÜM

Örnek

1. Aşağıda verilen bileşik ve iyonlarda altı çizili atomun yükseltgenme basamağını bulunuz.

$K\underline{Cl}O_4$ $K_2\underline{Cr}_2O_7$ $\underline{Cr}_2O_7^{2-}$ $Na\underline{N}O_3$ $\underline{N}O_3^-$ $Ca\underline{C}_2O_4$ $Ca_3(\underline{P}O_4)_2$ $H_2\underline{O}_2$

Çözüm

Bileşik / İyon	Bilinen yükseltgenme basamakları	Bulunan	Toplam yükler
$K\underline{Cl}O_4$	K: 1+, O: 2-	Cl: 7+	+1 **+7** -8
$K_2\underline{Cr}_2O_7$	K: 1+, O: 2-	Cr: **6+**	+2 +12 -14
$\underline{Cr}_2O_7^{2-}$	O: 2-	Cr: **6+**	+12 -14
$Na\underline{N}O_3$	Na: 1+, O: 2-	N: 5+	+1 **+5** -6
$\underline{N}O_3^-$	O: 2-	N: 5+	**+5** -6
$Ca\underline{C}_2O_4$	Ca: 2+, O: 2-	C: **3+**	+2 **+6** -8
$Ca_3(\underline{P}O_4)_2$	Ca: 2+, O: 2-	P: **5+**	+6 **+10** -16
$H_2\underline{O}_2$	H: 1+	O: **-1**	+2 **-2**

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. Aşağıda verilen bileşik ve iyonlardaki altı çizili atomun yükseltgenme basamağını bulunuz.

a) $Al\underline{P}O_4$

b) $K\underline{Mn}O_4$

c) $Zn(\underline{Cl}O_2)_2$

ç) $Mg\underline{S}O_4$

d) $\underline{C}_2O_4^{2-}$

e) $\underline{Fe}_2O_3$

f) $\underline{Mn}_2O_7$

g) $\underline{C}O_3^{2-}$

d BLOKU ELEMENTLERİNİN YÜKSELTGENME BASAMAKLARI

Elektron dizilimi d orbitali ile sonlanan metaller önce son kabukta bulunan s orbitalindeki elektronları verir ve yaygın olarak +2 yükseltgenme basamağında görülür. Geçiş metalleri çoğu zaman s orbitali ve daha alt kabukta bulunan d orbitalindeki elektronları da verir ve beklenenin dışında yükseltgenme basamaklarına sahip olur. Bu nedenle geçiş metallerinde farklı pozitif yükseltgenme basamakları vardır (Tablo 1.5.3). Örneğin $_{23}V$ (vanadyum) metalinin elektron dizilimi incelenirse

$_{23}V$: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^3$ şeklinde dizildiği görülür.

Kimyasal olaylarda vanadyum önce dış kabuktaki 4s orbitalinden 2 elektron vererek +2 yükseltgenme basamağında olur.

$_{23}V^{2+}$: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^3$

Vanadyum 4s orbitalinden 2 ve 3d orbitalinden 3 elektron vererek +5 iyon yükünü alabilir.

$_{23}V^{5+}$: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6$

Tablo 1.5.3: d Blok Elementlerinin Elektron Dizilimi ve Beklenen Yükseltgenme Basamağı

Elektron Dizilimi	Periyodik Sistemde Grubu	Beklenen Yükseltgenme Basamağı
$ns^2\ (n\text{-}1)d^1$	3B	s orbitalindeki 2 elektronu vererek +2 yük beklenirken 3B grubu elementleri +2 yükseltgenme basamağında bulunmaz. +3
$ns^2\ (n\text{-}1)d^2$	4B	(s orbitalindeki 2 elektronu vererek) +2, (s ve d orbitalindeki 4 elektronu vererek) +4
$ns^2\ (n\text{-}1)d^3$	5B	+2, +5
$ns^2\ (n\text{-}1)d^4$	6B	+2, +6
$ns^2\ (n\text{-}1)d^5$	7B	+2, +7
$ns^2\ (n\text{-}1)d^6$	8B	+2, +3 (d^5 küresel simetrik yapı), +8 (Grupta aşağıdaki elementlerde görülür.)
$ns^2\ (n\text{-}1)d^7$	8B	+2, +3, +4
$ns^2\ (n\text{-}1)d^8$	8B	+2, +3
$ns^2\ (n\text{-}1)d^9$	1B	+1, +2, +3
$ns^2\ (n\text{-}1)d^{10}$	2B	+2

NELER KAZANILDI?

1. Aşağıdaki tabloda formülleri verilen bileşik ve iyonlardaki altı çizili atomların yükseltgenme basamaklarını bulunuz.

Formül	Yükseltgenme Basamağı	Formül	Yükseltgenme Basamağı	Formül	Yükseltgenme Basamağı
$Ca\underline{C}O_3$		$\underline{Pb}O_2$		$K_3\underline{P}O_4$	
$Na_3\underline{P}O_4$		$Ca\underline{Cr}O_4$		$Na_2\underline{Cr}_2O_7$	
$K\underline{Cl}O_3$		$Li_3\underline{N}$		$Li_2\underline{O}_2$	
$\underline{C}_2O_4^{2-}$		$NaH\underline{C}O_3$		$Mg(\underline{N}O_3)_2$	
$K_2\underline{Cr}O_4$		$Al\underline{N}$		$Na\underline{Cl}O_4$	
$H\underline{C}O_3^-$		$Ag\underline{N}O_3$		$\underline{Br}O_4^-$	

ÜNİTEYİ BİTİRİRKEN

Aşağıdaki metinde boş bırakılan yerleri verilen uygun sözcüklerle doldurunuz.

Bilim insanları atomu anlamak için araştırmalar yapmış, araştırmaları sonucunda çeşitli (a).................... geliştirmişlerdir.

Bohr atom modelinde elektronlar belirli yarıçaplı (b)........................... de bulunur. Modern atom kuramında ise elektronun bulunma ihtimalinin yüksek olduğu bölgeler bulunur. Bu bölgelere (c)........................ denir. Elektronun bulunma ihtimalinin yüksek olduğu bölgelerin sayılarının ve bu bölgelerde bulunan elektronların belirlenmesinde (ç)................... .... sayıları kullanılır. n ile gösterilen kuantum sayısı elektronun bulunduğu en yüksek enerji düzeyini belirtir. Elementlerin elektron dizilimi belli kurallara göre yapılır. Bu kurallar (d).................................., (e)..........................., (f)...................................'dır.

Elektron diziliminde en yüksek enerji düzeyindeki orbitallere (g).............. orbitali, değerlik orbitallerinde bulunan elektrona (h)........................... .... denir.

Elektron diziliminden yararlanılarak bir elementin (ı)..................... ....de yeri belirlenebilir. Bir elementin kaç elektronu varsa o kadar (i)........................... vardır. Bir atomun bağ elektronlarını çekme yeteneğine (j) .... denir ve periyodik sistemde soldan sağa doğru gidildikçe genellikle (k)........................

Gaz hâlindeki nötr bir atomun elektron alması sırasındaki enerji değişimine (l).......................... denir. Ametaller yaptıkları bileşiklerde değişik iyon yükleri alabilirler. Bir elementin bileşiğinde aldığı iyon yüküne (m)........................ denir.

- **Pauli İlkesi**
- **iyonlaşma enerjisi**
- **kuantum**
- **artar**
- **periyodik sistem**
- **yükseltgenme basamağı**
- **değerlik elektronu**
- **elektron ilgisi**
- **orbital**
- **Aufbau Prensibi**
- **modeller**
- **elektronegatiflik**
- **Hund Kuralı**
- **değerlik**
- **yörüngeler**

1. Nötr bir atom elektron vererek katyon oluşturduğunda ve elektron alarak anyon oluşturduğunda iyon hacmi nasıl değişir? Açıklayınız.

2. Aşağıda verilen kimyasal türlerin hacimlerini karşılaştırınız?

a) $_{17}Cl^{-}$, $_{17}Cl^{7+}$

b) $_{15}P^{3-}$, $_{15}P^{5+}$, $_{15}P$

3. Kalay (Sn) elementinin elektron dizilimi

[Kr] $5s^2\ 4d^{10}\ 5p^2$

şeklinde sonlanmaktadır. Kalayın yükseltgenme basamaklarını bularak $_8O$ ile oluşturacağı iki farklı bileşiğinin formülünü yazınız.

4. Aşağıdaki atomların elektron dizilimini yazarak periyodik sistemdeki bloklarını ve olası yükseltgenme basamaklarını bulunuz.

a) $_{15}P$:

b) $_{17}Cl$:

c) $_{22}Ti$:

ç) $_{26}Fe$:

5. Atom numarası 35 olan atom için

a) Elektron dizilimini yazınız.

b) Değerlik orbitalini belirtiniz.

c) Değerlik elektronunun sayısını yazınız.

ç) Periyodik sistemdeki yerini belirtiniz.

6. $_{13}X$, $_{35}Y$, $_{27}Z$ **elementleri için**

I. X, +3 yükseltgenme basamağında bulunur.

II. Y negatif ve pozitif yükseltgenme basamağında bulunabilir.

III. Z birden fazla pozitif yükseltgenme basamağında bulunabilir.

ifadelerinden hangisi ya da hangileri doğrudur?

A) Yalnız III B) I ve II C) I ve III D) II ve III E) I, II ve III

7. $Na_2\underline{C}O_3$, $H_2\underline{S}O_4$ ve $Mg_3(\underline{P}O_4)_2$ **bileşiklerindeki altı çizili atomların yükseltgenme basamağı hangi seçenekte doğru olarak verilmiştir?**

	C	S	P
A)	+4	+6	+3
B)	+3	+4	+2
C)	+4	+5	+6
D)	+4	+6	+5
E)	+5	+6	+5

8. Aşağıdaki bileşiklerde bulunan karbon atomlarından hangisinin yükseltgenme basamağı en yüksek sayısal değere sahiptir?

A) CH_3OH B) CCl_4 C) Al_4C_3 D) CH_4 E) $CHCl_3$

9. Asal gaz atomlarının elektron dizilişlerinde en dış enerji düzeyleri tam doludur.

Aşağıdakilerden hangisi bu durumun asal gazlara verdiği özelliklerden değildir?

A) Kararlı yapıya sahiptir.

B) Elektron alışverişinde bulunmaz.

C) Isı ve elektriği iletir.

D) Standart koşullarda bileşik oluşturmaz.

E) Doğada element hâlinde bulunur.

10. Aşağıdaki potasyum bileşiklerinden hangisinde oksijenin yükseltgenme basamağı -1'dir?

A) KNO_3 B) K_2CO_3 C) KOH D) K_2O_2 E) K_2SO_4

11. Periyodik sistemle ilgili aşağıdaki bilgilerden hangisi doğrudur?

A) s bloku elementlerinin hepsi metaldir.

B) p bloku periyodik cetvelin alt kısmında ayrı olarak konumlandırılmıştır.

C) p bloku elementlerinin tamamı ısı ve elektriği iletir.

D) d bloku elementleri birden çok pozitif yükseltgenme basamağında bulunabilir.

E) f bloku elementleri pozitif ve negatif yükseltgenme basamağında bulunabilir.

12.

I. s bloku elementleri He hariç iyonik bağ yapabilir.

II. p bloku elementleri bileşiklerinde sadece kovalent bağ oluşturur.

III. d bloku elementlerinin tamamı iyonik bağ yapar.

Yukarıda verilen ifadelerden hangisi ya da hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III D) I ve III E) I, II ve III

13. Aşağıda elektron dizilimleri verilen X, Y ve Z elementleri ile ilgili

Element	Elektron Dağılımı
X	$1s^2\ 2s^2\ 2p^4$
Y	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^4$
Z	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^1$

I. Elementlerin üçü de ametaldir.

II. X elementinin ametalik aktifliği Y elementinden daha fazladır.

III. Yalnız Y elementinin yükseltgenme basamağı pozitiftir.

ifadelerinden hangisi ya da hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III D) I ve II E) II ve III

14. Kuantum sayılarının sembolleri ile gösterimi aşağıdaki seçeneklerden hangisinde doğru gösterilmiştir.

	Baş Kuantum Sayısı	İkincil Kuantum Sayısı	Manyetik Kuantum Sayısı
A)	n	ℓ	m_s
B)	ℓ	m_s	n
C)	n	ℓ	m_ℓ
D)	m_ℓ	m_s	n
E)	m_s	n	m_ℓ

15. 4d alt enerji düzeyindeki n, ℓ, m_ℓ değerleri hangi seçenekte doğru verilmiştir?

	n	ℓ	m_ℓ
A)	4	2	-2, -1, 0, +1, +2
B)	4	2	-1, 0, +1
C)	3	4	-3, -2, -1, 0, +1, +2, +3
D)	4	1	-2, -1, 0, +1, +2
E)	2	4	-1, 0, +1

16. 3p alt enerji düzeyindeki n, ℓ, m_ℓ değerleri hangi seçenekte doğru verilmiştir ?

	n	ℓ	m_ℓ
A)	3	1	-1 , 0, +1
B)	1	3	-1, 0, +1
C)	3	1	-2, -1, 0, +1, +2
D)	2	3	-2, -1, 0, +1, +2
E)	3	2	-1, 0, +1

17. X^{4+} iyonunun elektron dizilimi $_{18}Ar$'un elektron dizilimi aynıdır.
Buna göre, X elementinin değerlik elektronları hangi orbitallerde bulunur?

A) s B) s ve p C) s ve d
D) s ve f E) s, p ve d

18. Aşağıda verilen iyonlardan hangisinden elektron koparmak daha zordur?

A) $_{13}X^{3+}$ B) $_{7}Y^{3-}$ C) $_{9}Z^{-}$
D) $_{11}Q^{+}$ E) $_{8}R^{2-}$

19. X: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^1\ 3d^{10}$

Temel hâlde elektron dizilimi verilen X elementinin periyodik sistemdeki yeri neresidir?

A) 2. periyot, 3A grubu
B) 3. periyot, 7A grubu
C) 4. periyot, 7B grubu
D) 4. periyot, 1A grubu
E) 4. periyot, 1B grubu

20. Elektron dizilimi yazıldığında baş kuantum sayısı 4 olan bir atomun son enerji düzeyinde hangi orbitaller bulunabilir?

A) s ve p B) p ve d C) s, p ve d
D) d ve f E) s, p, d ve f

21. Aşağıdaki atom ya da taneciklerden hangisinin atom yarıçapı en büyüktür?

A) $_{15}P^{3-}$ B) $_{16}S^{2-}$ C) $_{19}K^{+}$
D) $_{18}Q$ E) $_{20}Ca^{2+}$

22. Kuantum sayılarıyla ilgili olarak

I. (n), elektronun çekirdeğe olan ortalama uzaklığıdır.
II. (m_ℓ), orbitalin şeklini ve enerji düzeyinde kaç tane alt enerji düzeyi olduğunu veren kuantum sayısıdır.
III. (m_ℓ), alt enerji düzeyinde kaç tane orbital olduğunu ifade eder.
IV. (ℓ) enerji düzeylerinin de alt enerji düzeylerine ayrıldığını ifade eder.

hangisi ya da hangileri doğrudur?

A) II ve III B) I, II ve III C) I, III ve IV
D) II, III ve IV E) I, II, III ve IV

23. s orbitallerinde 8, d orbitallerinde 5 elektron bulunan bir elementin periyodik sistemdeki yeri neresidir?

A) 3. periyot, 5B grubu
B) 4. periyot, 7B grubu
C) 4. periyot, 2B grubu
D) 4. periyot, 2A grubu
E) 3. periyot, 5A grubu

24. Aynı periyotta bulunan X ve Y elementlerinden birinin metal diğerinin ametal olduğu biliniyor. Buna göre hangisinin metal hangisinin ametal olduğu aşağıdaki seçeneklerden hangisi ya da hangileri ile belirlenebilir?

I. X'in iyonlaşma enerjisi Y'den büyüktür.

II. Y'nin oksitlerinin sulu çözeltisi bazik karakter gösterir.

III. Doğada bileşikleri hâlinde bulunur.

A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III

D) I ve II E) II ve III

25. Elektron dizilimi $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^2$ şeklinde verilen element için aşağıdaki ifadelerden hangisi doğrudur?

A) Değerlik elektronu s orbitalinde bulunur.

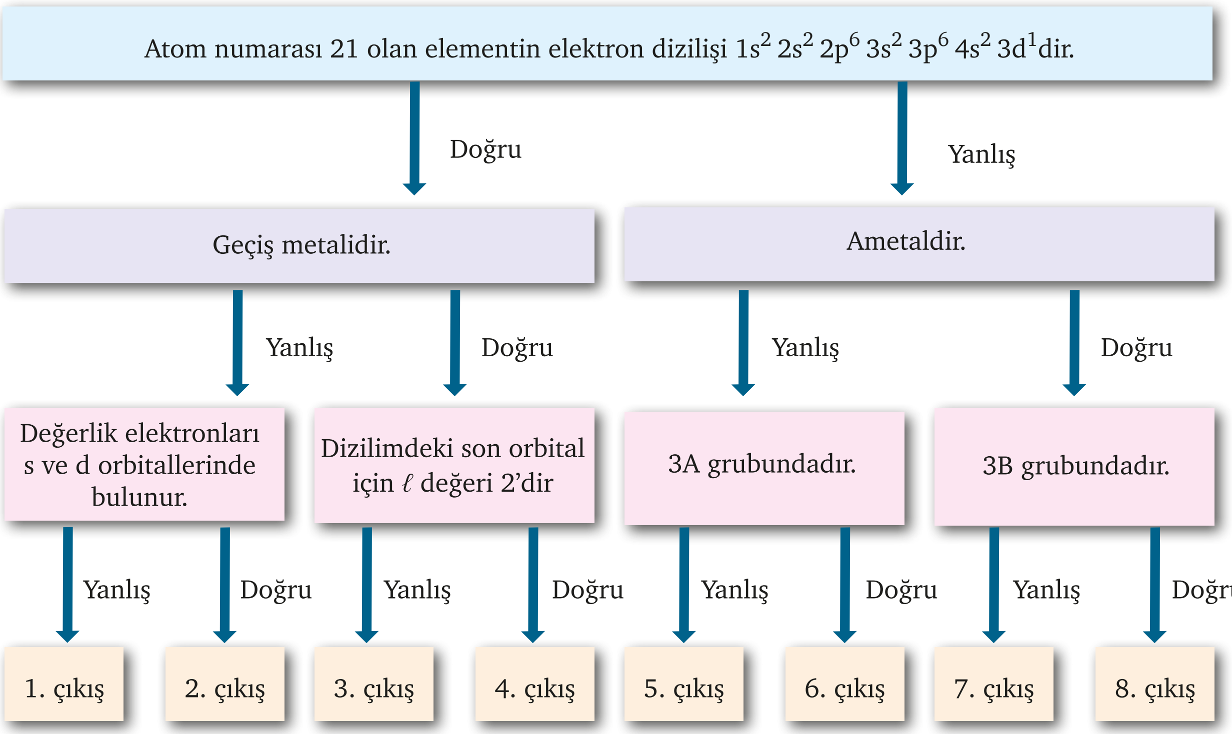
B) Yarı dolu orbitali yoktur.

C) Baş kuantum sayısı 3'tür.

D) Elektron verme isteği fazladır.

E) Atom numarası 21'dir.

26. Aşağıda birbiri ile bağlantılı Doğru/Yanlış şeklinde ifadeler içeren tanılayıcı dallanmış ağaç verilmiştir. İlk ifadeden başlayarak her doğru ya da yanlış cevabınıza göre çıkışlardan sadece birini işaretleyiniz.



27. Aşağıdaki tabloda yörünge ve orbital kavramları karşılaştırılması yapılmıştır. Tablodaki boş bırakılan yerleri doldurunuz.

Yörünge	Orbital
Elektronun izlediği varsayılan dairesel yoldur.	I.
II.	Elektronun üç boyutlu hareketini temsil eder.
Şekli daireseldir.	III.
IV.	Her enerji düzeyinde farklı orbitaller bulunur.
Her yörünge belirli bir kapasiteye sahiptir ve yalnızca belli sayıda elektron bulunur.	V.

28. Metin ve tabloları inceleyerek verilen soruları cevaplayınız.

Modern atom teorisi hakkında araştırmalar yapan Buket aşağıdaki tabloları inceliyor ve araştırdığı kaynaktan ilgisini çeken aşağıdaki metnin altını çiziyor ve altındaki tabloları inceliyor.

"Schrödinger her bir atom orbitalini tanımlamak için baş kuantum sayısı, açısal momentum kuantum sayısı ve manyetik kuantum sayısını kullanmıştır. Fakat hidrojen spektrumda tam olarak açıklayamadığı sapmalar bulunur. Bilim adamları bir gezegenin kendi ekseni etrafında dönüşüne benzer şekilde elektronun da kendi etrafında döndüğünü ileri sürdüler. Elektronun kendi ekseni etrafında dönme hareketi spin olarak adlandırılır ve elektronlar birbirine zıt iki spine sahiptir. Elektronlar dönme yönüne göre $m_s=(+\frac{1}{2})$ veya $(-\frac{1}{2})$ değerlerini alabilir."

Enerji Düzeyleri ve Baş Kuantum Sayısı Tablosu

Katman	K	L	M	N	O	...
Baş Kuantum Sayısı (n)	1	2	3	4	5	...

Açısal Momentum Kuantum Sayısı ve Orbital Türü Tablosu

Açısal Momentum Kuantum Sayısı (ℓ)	0	1	2	3	...
Orbital Türü	s	p	d	f	...

Manyetik Kuantum Sayısı ve Orbital Türü Tablosu

Orbital Türü	**ℓ**	**m_ℓ ($-\ell$, 0, $+\ell$)**
s	0	0
p	1	-1, 0, +1
d	2	-2, -1, 0, +1, +2
f	3	-3, -2, -1, 0, +1, +2, +3

Buket, tabloları inceledikten sonra elektronların bulunduğu bölgeler hakkında aşağıdaki sonuçlara ulaşıyor:

I. 1. enerji düzeyinde 1 tane s orbitali vardır.
II. 2. enerji düzeyinde 3 tane p orbitali vardır.
III. 3. enerji düzeyinde 5 tane d orbitali vardır.
IV. 4 ve 5. enerji düzeylerinde 7 tane f orbitali vardır.

1. Tabloda Buket'in ulaştığı sonuçları destekleyen bilgiler nelerdir? Açıklayınız.

2. Tabloları ve metni incelediğinizde bir atoma ait elektronların en fazla kaç kuantum sayısının aynı olabileceğini açıklayınız.

3. Açısal momentum kuantum sayısı (ℓ) = 4 olan g orbitali tabloda verilmemiştir. g orbitalinin manyetik kuantum sayısını ve alabileceği en yüksek elektron sayısını tahmin ediniz.

2. ÜNİTE GAZLAR





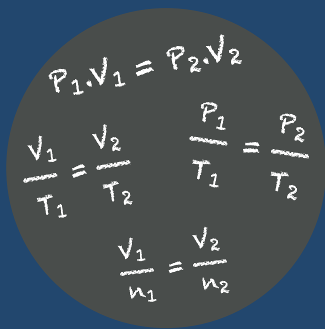
ANAHTAR KAVRAMLAR

* Basınç
* Difüzyon
* Doygun Buhar Basıncı
* Efüzyon
* Faz Diyagramları
* Hacim
* İdeal Gaz
* Gerçek Gaz
* Kısmi Basınç
* Kritik Basınç
* Kritik Sıcaklık
* Mutlak Sıcaklık
* Standart-Normal Şartlar

BÖLÜMLER



GAZLARIN ÖZELLİKLERİ VE GAZ YASALARI



İDEAL GAZ YASASI



GAZLARDA KİNETİK TEORİ



GAZ KARIŞIMLARI



GERÇEK GAZLAR

ÜNİTEYE BAŞLARKEN

1. Gazlarla ilgili aşağıda verilen soruları cevaplayınız.

a) Esnek bir balonda bulunan gazın sıcaklığı artırıldığında esnek balonda nasıl değişme olur?

b) Celcius cinsi sıcaklık hangi harf ile sembolize edilir?

c) ^{o}C birimiyle verilen sıcaklığı Kelvin birimine çevirmek için hangi işlem yapılmalıdır?

ç) Kelvin cinsinden verilen sıcaklık birimi hangi harf ile sembolize edilir?

d) 1 mol gaz normal şartlarda ve standart (oda) koşullarda kaç litre hacim kaplar? Aradaki farkın nedenini yazınız.

e) Cam veya çelik kapta bulunan gazın sıcaklığı artırıldığında hacminde değişiklik olur mu? Nedenini açıklayınız.

f) Esnek bir balonda bulunan gazın sıcaklığı artırıldığında basınç değişimi nasıl olur?

g) Cam veya çelik kapta bulunan gazın sıcaklığı artırıldığında basıncında değişim olur mu? Nedenini açıklayınız.

2. Aşağıda maddenin gaz hâli ile ilgili bazı özellikler verilmiştir. Cümlelerdeki boşlukları uygun sözcüklerle doldurunuz.

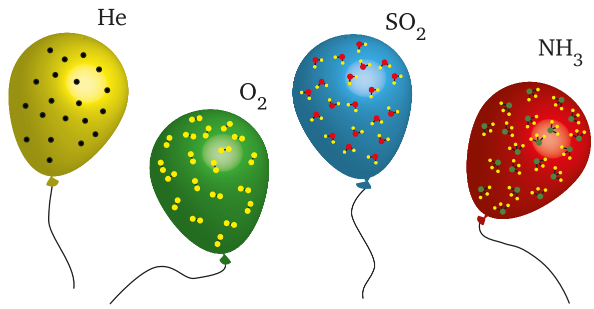
a) Gaz tanecikleri arasındaki boşluk katı ve sıvı hâle göre daha ....dır.

b) Gazların yoğunluğu katı ve sıvılara göre daha ....tür.

c) Maddenin en düzensiz hâli olan gazların tanecikleri titreşim, ... ve .... hareketi yapar.

ç) Sıkıştırılabilir ve akışkan özellikteki gazların belirli .... ve .... yoktur.

3. Aşağıdaki esnek balonlarda bulunan He, O_2, SO_2 ve NH_3 gazları aynı koşullarda eşit hacim kaplamaktadır. **Balonlarda bulunan gazların mol sayısı, tanecik sayısı ve kütle niceliklerinden hangisi ya da hangileri eşit olur?**



4. Aşağıdaki tabloda gazların davranışlarını etkileyen özellikleri tanımlayarak bu özellikler ile ilgili istenen bilgileri tablodaki boşluklara yazınız.

Özellik	Tanım	Sembol	En Çok Kullanılan Birim
Sıcaklık			
Basınç			
Hacim			
Miktar			



1. BÖLÜM: GAZLARIN ÖZELLİKLERİ VE GAZ YASALARI

NELER KAZANILACAK? Gazların betimlenmesinde kullanılan özellikler açıklanırken

a) Basınç birimleri (atm, Torr, mmHg) ve hacim birimleri (L, m^3) ile bunların ondalık ast ve üst katları kısaca açıklanacak,

b) Manometre hesaplamalarına girilmeden gazların özelliklerinin ölçme yöntemleri üzerinde durulacaktır.

2.1.1. GAZLARIN BETİMLENMESİNDE KULLANILAN ÖZELLİKLER VE ÖLÇÜLMESİ



Görsel 2.1.1: Erken doğduğu için kuvöze alınan bebek

Oksijen gazı yaşamın devamı için oldukça önemlidir. Normal bir insanın vücut fonksiyonlarının sağlıklı bir şekilde sürdürülebilmesi için havadaki oksijen gazının basıncının 0,20 atm olması gerekir. Oksijen gazının aşırı miktarda solunması insan sağlığı açısından zararlı olabilir. Örneğin erkendoğan bebekler, akciğer fonksiyonları tam olarak gelişmediği için oksijen çadırına (kuvöz) alınır (Görsel 2.1.1). Kuvözde oksijen gazının, olması gereken miktardan biraz fazla olması bebeklerin retina dokusunun zarar görmesine neden olur.

Bir gazın miktarı ve basıncı canlıların hayatını devam ettirebilmesi ve endüstride doğru kullanılabilmesi için son derece önemlidir.

Basınç ve Basınç Birimleri

Gaz molekülleri, bulundukları kabın içinde homojen olarak dağılır ve sürekli hareket hâlindedir. Bu hareketler sırasında hem birbirlerine hem de bulundukları kabın yüzeyine çarparak bir kuvvet uygularlar. Bu kuvvete **gaz basıncı** denir ve **P** ile gösterilir. Gaz basıncı birim yüzeye uygulanan kuvvet olarak da tanımlanabilir.

Gaz basıncı birim hacimdeki taneciğin sayısı, hızı ve taneciklerin çarpışma sayısıyla orantılı olarak değişir. Kapalı kaplardaki gaz basıncı manometrelerle ölçülür. Atmosferde bulunan gazların uyguladığı basınca **atmosfer basıncı (atm)** denir. Atmosfer basıncını ölçmek için **barometre** kullanılır. Deniz seviyesinde 0 °C sıcaklıktaki atmosfer basıncı **1 atmosferdir** ve $\mathbf{P_o}$ ile gösterilir.

Atmosfer basıncının yanında basınç birimi olarak milimetre cıva (mmHg) ve Torr birimleri de kullanılır. Basınç birimlerinin değerleri ve karşılıkları aşağıda verilmiştir.

1 atm = 760 mmHg = 76 cmHg
1 mmHg = 1 Torr
760 mmHg = 760 Torr

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

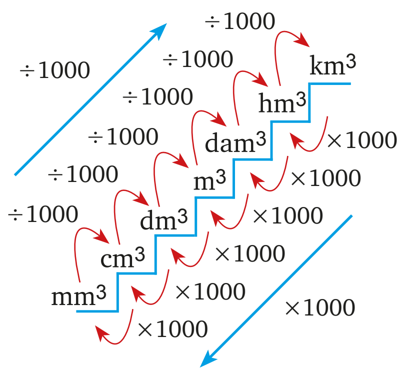
1. Aşağıdaki birim dönüşümlerini yapınız.

a) 1,5 atm = ... mmHg
b) 190 cmHg =..............Torr
c) 380 mmHg = ...atm
ç) 3 atm =.............. Torr
d) 0,25 atm = ... mmHg = ... Torr
e) 4 Torr = ... mmHg
f) 76 Torr = ... atm = ... cmHg

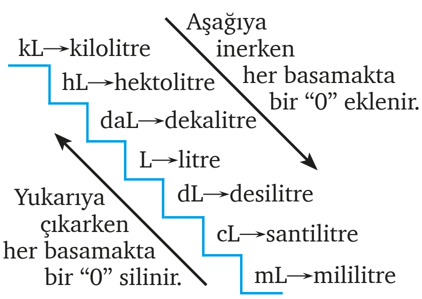
Hacim ve Hacim Birimleri

Gazlar sıcaklık etkisiyle genleşme ve basınç etkisiyle sıkıştırılabilme özelliklerine sahiptir. Gazın hacmi sıcaklık ve basınçtan etkilenir. Bu nedenle gaz hacminden söz edebilmek için gazın sıcaklık ve basınç değerlerinin de bilinmesi gerekir. Gazın hacmi bulunduğu kabın hacmine eşittir. Laboratuvarda gaz hacmi gaz büretleri ile ölçülür.

Hacim **V** ile gösterilir. Hacim birimleri **L** ve $\mathbf{m^3}$ tür. L'nin askatı **mL**'dir. m^3ün askatları $\mathbf{dm^3}$, $\mathbf{cm^3}$, $\mathbf{mm^3}$tür (Görsel 2.1.2).



1L = 1000mL



Görsel 2.1.2: Hacim birimleri

1mL = 1 cm^3
1dm^3 = 1x10^{-3} m^3
1 L = 1 dm^3 = 1000 mL = 1000 cm^3tür.

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. Aşağıdaki birim dönüşümlerini yapınız.

a) 3 dm^3 = ... L = ... mL
b) 2 L = ... mL
c) 100 mL = ... L
ç) 0,5 dm^3 =.................... m^3 = ... cm^3 = ... L

NELER KAZANILACAK? **Gaz yasaları açıklanırken**

a) Gazların özelliklerine ilişkin yasalar (Boyle, Charles, Gay Lussac ve Avogadro) öğrenilecek,

b) Hazır veriler kullanılarak gaz yasaları ile ilgili grafikler çizilecek ve yorumlanacaktır.

2.1.2. GAZ YASALARI

HATIRLAYINIZ

Maddeler doğada katı, sıvı ve gaz olmak üzere üç temel hâlde bulunmaktadır. Maddenin farklı hâllerde olması, canlıların hayatını devam ettirebilmesi, endüstri ve çevre için oldukça önemlidir.

Gazların Genel Özellikleri

- Maddenin en düzensiz hâlidir. Maddedeki molekül ve atomlar birbirinden uzaktır ve çok hızlı hareket eder.
- Tanecikleri arasında çekim kuvvetleri, katı ve sıvılarınkine oranla çok azdır.
- Gaz molekülleri arasında etkileşim yok denecek kadar az olduğundan moleküller birbirinden bağımsız hareket eder.
- Gazlar bulundukları kapları tamamen kapladıklarından hacimleri kabın hacmine eşittir, şekilleri de kabın şekline benzer.
- Gazlar sıkıştırılabildiklerinden düşük sıcaklık ve yüksek basınçta sıvılaşabilir.
- Gazlar birbirleriyle her oranda karışarak homojen karışımlar oluşturabilir.
- Yoğunlukları katı ve sıvılara göre daha düşüktür.
- Gaz molekülleri öteleme, dönme ve titreşim hareketlerini yapabilir.
- Gaz taneciklerinin kapladıkları hacimler moleküller arasındaki boşluklar yanında ihmal edilir.
- Gaz molekülleri birbirleri ile çarpıştıklarında taneciklerin hızları ve yönleri değişebilir. Fakat ortalama hızları değişmez çünkü çarpışmalar esnektir.

Scuba (kendinden donanımlı su altı nefes alma düzeneği) dalgıçlığı son zamanlarda adrenalin severlerin yaptığı bir spordur (Görsel 2.1.3). Bu spor kimyasal açıdan incelendiğinde gaz yasalarından iki tanesine dayandığı görülür: Birincisi basınç değişikliğinden etkilenmemek için yapılması gerekenler, ikincisi ise dalış tüpündeki gazların karışım oranlarının sağlığı tehdit etmeyecek oranlarda ayarlanmış olmasıdır.

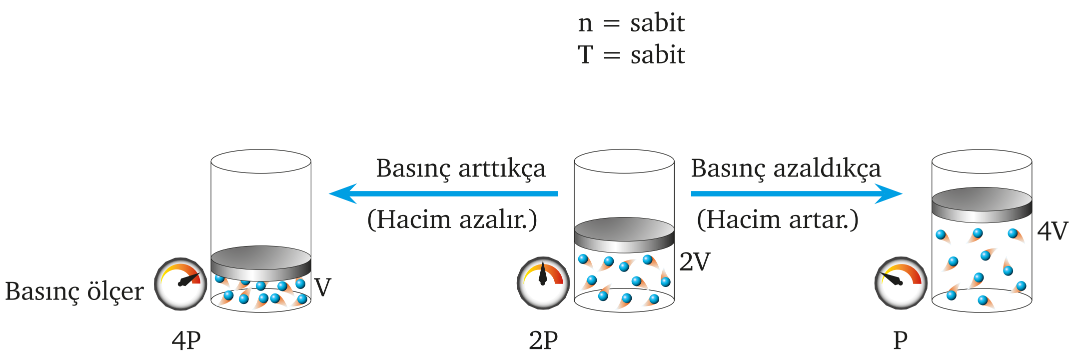
Gaz yasaları ve gaz yasalarının günlük hayatta kullanılan ürünlere uygulanması oldukça önemlidir. Gazların özelliklerini, basınç, hacim ve sıcaklıkla ilişkilerini ve değişimlerini açıklayan bağıntılara **gaz yasaları** denir.



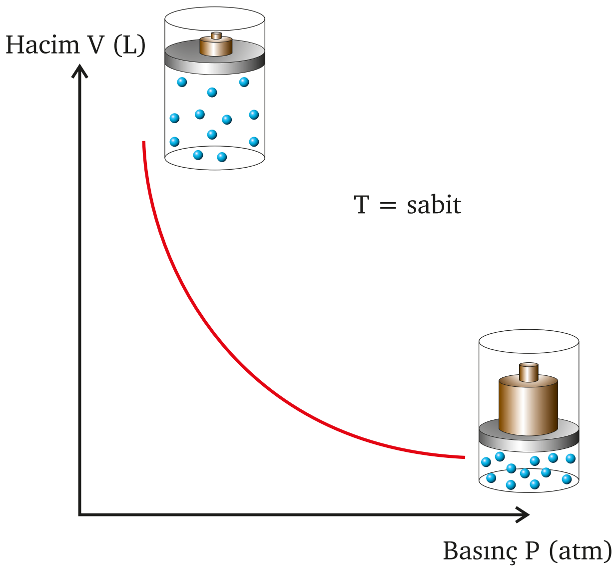
Görsel 2.1.3: Scuba dalgıcı

BOYLE YASASI (Basınç-Hacim İlişkisi)

Gazların basınçları ile hacimleri arasındaki ilişki ilk defa 1662 yılında Robert Boyle (Rabırt Boyl) tarafından açıklanmıştır. Robert Boyle sabit sıcaklıkta belirli miktardaki gaza yüksek basınç uygulandığında hacminin küçüldüğünü, basınç azaltıldığında ise hacminin arttığını deneysel olarak ispatlamıştır (Görsel 2.1.4).



Görsel 2.1.4: Gazların basınç-hacim ilişkisi



Grafik 2.1.1: Gazların basınç-hacim ilişkisi

Boyle Yasası'na göre sabit sıcaklıktaki sabit miktardaki bir gaz için hacim basınçla ters orantılıdır (Grafik 2.1.1).

Boyle Yasası matematiksel olarak şu şekilde ifade edilir:

$$\text{Hacim} \ \alpha \ \frac{1}{\text{Basınç}} \qquad \text{veya} \qquad V \ \alpha \ \frac{1}{P}$$

$P \, . \, V = k$ (sabit)

Bu bağıntı sabit miktardaki gazın sabit sıcaklıkta hacminin basıncıyla ters orantılı olduğunu ifade eder. Basınç-hacim çarpımı daima sabittir. Sabit miktardaki bir gaza farklı basınçlar uygulandığında gazın değişen hacimleri ve basınçları arasında aşağıdaki bağıntı vardır.

$$P_1.V_1 = P_2.V_2$$

Günlük hayatta basınç-hacim değişiminin etkisi birçok olayda karşımıza çıkar. Bu nedenle matematiksel olarak basınç hacim hesaplamaları günlük hayat ve endüstri açısından önem taşır. Örneğin denizin 20 fit (6,096 m) altında olan bir dalgıç hızla yüzeye çıkarsa (deniz yüzeyine çıktıkça basınç azalacağı için) akciğerde sıkışan havanın hacmi artar. Bu durum akciğer zarına hasar verir, ölümcül sonuçlara neden olabilir.

ÖRNEK VE ÇÖZÜM

Örnek

1. He gazı ile doldurulmuş 10 L'lik pistonlu kabın başlangıçtaki basıncı 1 atmosferdir. Pistonlu kap en fazla 5 atmosfer basınca dayanabildiğine göre kabın hacmi en fazla ne kadar küçültülebilir?

2. 500 mmHg basıncında 20 L hacmindeki bir gaz örneği sabit sıcaklıkta 10 L hacmindeki bir tüpe sıkıştırılırsa tüpteki basınç kaç cmHg olur?

Çözüm

1. Boyle Yasası'na göre basınç hacimle ters orantılıdır.

   $P_1V_1 = P_2V_2$ bağıntısında sorudaki değerler 1 ve 2. durum için yazıldığında

   $10 . 1 = 5 . V_2$

   $V_2 = 2$ L olarak bulunur.

   10 - 2 = 8 L (En fazla 8 L küçültülebilir.)

2. $P_1V_1 = P_2V_2$

   $500 \text{ mmHg} . 20\text{L} = P_2 . 10 \text{ L}$

   $P_2 = 1000 \text{ mmHg} = 100 \text{ cmHg}$

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. Havadan azot elde eden endüstriyel bir tesiste sabit sıcaklıkta 5000 L hacimli bir tankta 1 atmosfer basıncındaki hava 20 atmosfer basınca getirildiğinde toplanan havanın hacmi kaç L olur?

Birbirleriyle tepkime vermeyen farklı kaplardaki gazlar karıştırıldığında basınç-hacim bağıntısı,

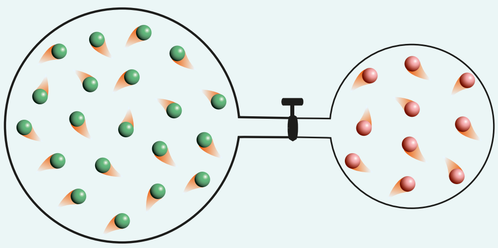
$$P_1.V_1 + P_2.V_2 + P_3.V_3 + ... = P_{son}.V_{son}$$

olarak genişletilebilir.

ÖRNEK VE ÇÖZÜM

Örnek

1. Aynı sıcaklıkta şekildeki kaplar arasındaki musluk açılınca kaptaki basınç kaç atm olur?



V = 7 L
P = 4 atm

V = 3 L
P = 8 atm

Çözüm

1. Musluk açılınca gazın tamamı 7+3 = 10 L'lik hacme yayılır.

   $P_1.V_1 + P_2.V_2 = P_{son}.V_{son}$ bağıntısında sorudaki değerler yazıldığında

   $4.7 + 8.3 = P_{son}.10$

   $28 + 24 = P_{son}.10$

   $P_{son} = 5,2$ atm olarak bulunur.

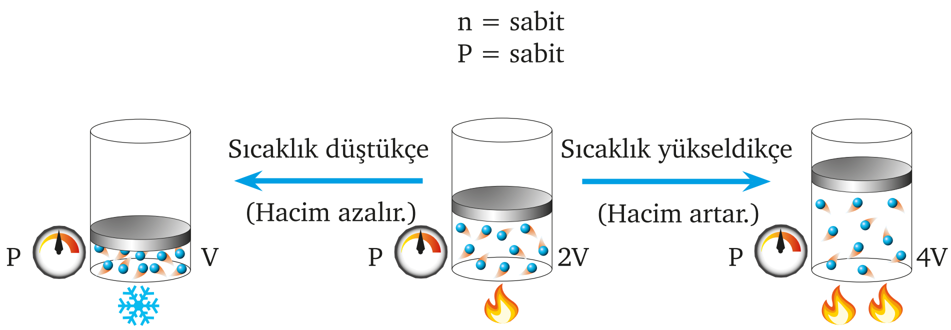
CHARLES YASASI (Hacim-Sıcaklık İlişkisi)

İnsanoğlu var olduğu günden beri kuşlar gibi gökyüzünde uçmayı arzulamış, bu amaçla değişik yöntemler denemiştir. Bu yöntemlerden biri de sıcak hava balonlarının kullanımıdır.

Sıcak havanın soğuk havadan daha hafif olmasından yararlanılarak sıcak hava balonu icat edilmiştir.

Sıcak hava balonundan ilham alan Fransız fizikçi Jocques Charles (Jök Şarl) 1787 yılında gazların hacmiyle sıcaklığı arasındaki ilişkiyi açıklayabilmek için çeşitli deneyler yapmıştır (Görsel 2.1.5).

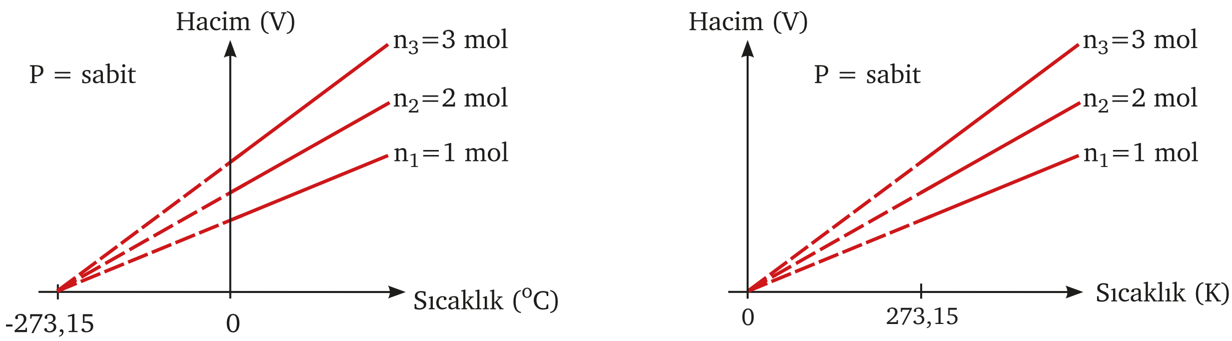
Charles Yasası, gazların sıcaklıkla nasıl genleştiğini gösteren gaz yasasıdır. Yasa, bir miktar gazın sabit basınç altında tutulması durumunda, Kelvin cinsinden ölçülen sıcaklık ve hacim arasındaki bağıntıyı açıklar.



Görsel 2.1.5: Gazların hacim-sıcaklık ilişkisi

Hareketli pistonlu bir kapta bulunan gazın sıcaklığı artırıldığında gaz molekülleri daha hızlı hareket ederek birbiriyle ve kabın yüzeyiyle daha sık ve daha kuvvetli çarpışır. Çarpışmanın etkisiyle piston yukarı doğru hareket eder ve kabın hacmi artar.

Sabit basınçlı sistemlerde gaz hacmi mutlak sıcaklıkla doğru orantılı olarak değişir.



Grafik 2.1.2: Gaz hacminin sıcaklıkla değişimi

Grafik 2.1.2'deki gibi farklı basınçlarda ve farklı sıcaklıklardaki gazlar için çizilen sıcaklık-hacim grafiğinde elde edilen doğru, eksene birleştirildiğinde -273,15 °C değerine ulaşılır. Gazların -273,15 °C sıcaklıkta hacminin sıfır olması gerekir. Ancak bu deneysel olarak mümkün değildir. Tüm gazlar bu düşük sıcaklığa gelmeden önce sıvılaşır. Bu nedenle mutlak sıfıra (-273,15°C) yaklaştıkça grafikteki hacim çizgisi kesikli olarak gösterilir

-273,15 °C sıcaklığına **mutlak sıfır noktası** adı verilir. Mutlak sıfır noktasını başlangıç noktası olarak kabul eden sıcaklık ölçeğine **Kelvin (mutlak) sıcaklık ölçeği** denir. Günlük hayatta sıcaklıklar Celcius ölçeğine göre ölçülür. Fakat gazlarla ilgili hesaplamalarda sıcaklık birimi Celcius, Kelvin'e dönüştürülerek kullanılır.

$$T\ (K) = t\ (^{o}C) + 273{,}15$$

273,15 değeri hesaplamalarda genellikle 273 olarak alınır.

Matematiksel olarak sabit basınçta gaz hacminin mutlak sıcaklıkla doğru orantılı olarak değişimi

$V \propto T$ veya $V = k\,.T$ şeklinde ifade edilir.

k sabit bir sayı olup gazın basıncına ve miktarına bağlı olarak değişir. Sabit basınçtaki farklı iki sıcaklıktaki gazın sıcaklık-hacim koşulları karşılaştırıldığında

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$ ilişkisi yazılabilir.

Hamur mayalama işleminde kimyasal tepkime sonucunda açığa çıkan gaz kabarcıkları sıcaklığın etkisi ile hacimce genleşir. Böylece mayalanan gıda maddesinin hacmi sıcaklık arttıkça artar. Bu olay Charles Yasası'nın günlük yaşamdaki örneğidir.

ÖRNEK VE ÇÖZÜM

Örnek

1. 27 °C sıcaklıkta He gazı ile doldurulmuş bir sıcak hava balonunun hacmi 3000 m^3 tür. Balondaki gazın sıcaklığı 77 °C'a getirildiğinde balonun hacmi kaç m^3 olur?

Çözüm

1. Gazların hacmi mutlak sıcaklıkla doğru orantılı değişir. Bu nedenle soruda verilen değerler mutlak sıcaklığa çevrilmelidir.

$T\ (K) = t\ (^{o}C) + 273$

$T_1 = 27 + 273$ $\qquad T_1 = 300\ K$

$T_2 = 77 + 273$ $\qquad T_2 = 350\ K$

Charles Yasası'na göre sıcaklık ve hacim değerleri yazıldığında hacim

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

$$\frac{3000}{300} = \frac{V_2}{350} \Longrightarrow V_2 = 3500\ m^3 \text{ olarak bulunur.}$$

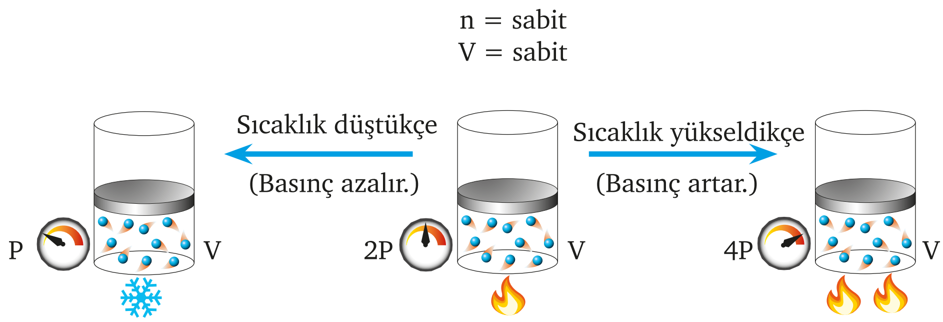
ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. Melisa 27 °C sıcaklıkta 2 L hacmindeki bir balon hazırlıyor. Hazırladığı balonun hacmini balondaki gaz kütlesini değiştirmeden 1 L yapmak için balonu kaç °C'a kadar soğutmalıdır?

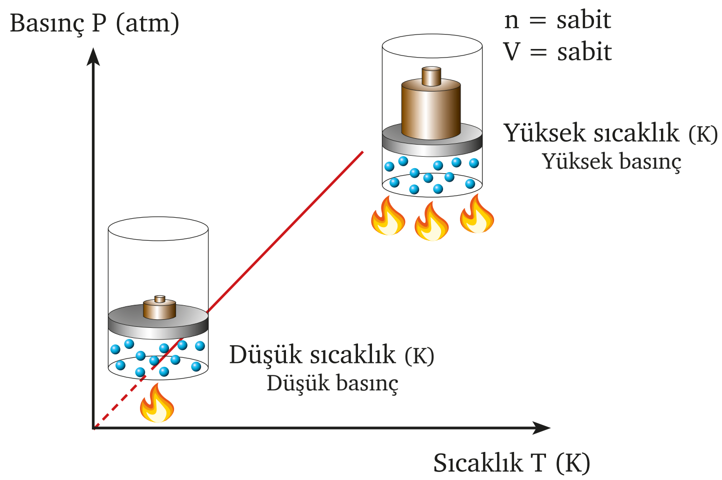
GAY-LUSSAC YASASI (Basınç-Sıcaklık İlişikisi)

Sıcak hava balonundan ilham alan diğer bir bilim insanı Gay-Lussac'tır. Sıcak hava balonunun performansını artırmak için Charles (Çarl) ve Joseph Gay-Lussac (Cosef Gey-Lusak) çok sayıda deney yapmış, Gay-Lussac yaptığı deneylerle gazların basıncıyla sıcaklığı arasındaki ilişkiyi açıklamıştır.

Belirli miktardaki sabit hacimli gazın basıncı ile sıcaklığı doğru orantılıdır (Görsel 2.1.6).



Görsel 2.1.6: Gazların basınç-sıcaklık ilişkisi



Grafik 2.1.3: Gaz basıncının sıcaklıkla değişimi

Grafik 2.1.3'ten de anlaşılacağı gibi hacmi sabit tutulan belirli miktardaki gazın sıcaklığı artırıldığında basıncı da artar, sıcaklığı azaltıldığında basıncı da azalır. Çünkü gazın sıcaklığı arttıkça gaz moleküllerinin hızı ve birim zamandaki çarpma sayısı artar.

Matematiksel olarak sabit hacimdeki gaz basıncının mutlak sıcaklıkla doğru orantılı olarak değişimi

$P \propto T$ veya $P = k.T$ şeklinde ifade edilir.

Bir gazın iki farklı sıcaklık-basınç durumu karşılaştırıldığında

$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$ ilişkisi yazılabilir.

Deodorantların ambalajlarında genellikle güneşte bırakmayın uyarısı bulunur. Güneşte bırakılan kutunun içindeki gazların güneşten gelen ısı etkisi ile sıcaklığı artar. Sıcaklığı artan gazların basıncı da artar. Basınç artışına dayanamayan kutu patlayabilir. Bu nedenle içinde gaz bulunan kutular güneşte bırakılmamalı ya da ısıyla teması önlenmelidir.

ÖRNEK VE ÇÖZÜM

Örnek

1. Güneş ailesi bayram tatilinde kendi araçlarıyla aile büyüklerinin ziyaretine gidiyor. Yolculuğun başında araç lastiklerinin 27 °C'taki basıncı 2,25 atmosferdir. Belli bir süre sonunda sürtünmeden dolayı lastik içindeki sıcaklık 127 °C'a çıktığına göre lastiklerin son basıncı ne olur?

Çözüm

1. Gazların basıncı mutlak sıcaklıkla doğru orantılı olarak değişir. Soruda verilen sıcaklık değerleri mutlak sıcaklığa çevrilmelidir.

$T (K) = t (°C) + 273$

$T_1 = 27 + 273 \qquad T_1 = 300 \text{ K}$

$T_2 = 127 + 273 \qquad T_2 = 400 \text{ K}$

Gay-Lussac Yasası'na göre sıcaklık ve hacim değerleri eşitlikte yerine yazıldığında basınç

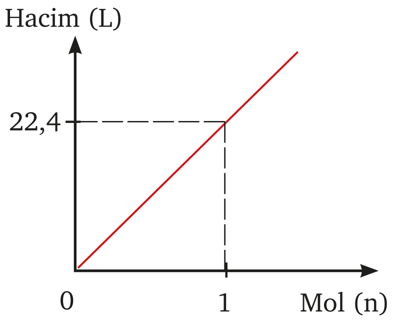
$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

$$\frac{2,25}{300} = \frac{P_2}{400} \quad P_2 = 3 \text{ atm bulunur.}$$

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. 25 L'lik bir tanktaki 2,5 atm ve 0 °C sıcaklıkta bulunan gazın sıcaklığı 273 °C'a çıkarılırsa son basınç ne olur?

2. Sabit hacimli kapta 27 °C'ta 1 atm basınca sahip SO_2 gazının basıncını 4 atm yapmak için sıcaklık kaç °C'a çıkarılmalıdır?



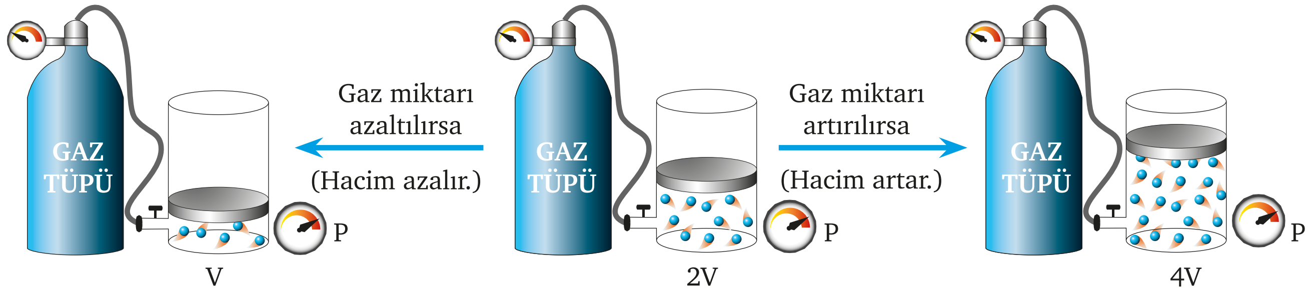
Grafik 2.1.4: Normal şartlarda 1 mol gazın hacmi

AVOGADRO YASASI (Mol Sayısı-Hacim İlişkisi)

Boyle, Charles ve Gay-Lussac'ın gazlarla ilgili yaptığı çalışmaları İtalyan bilim insanı Amedeo Avogadro'nun (Amedeo Avogadro) çalışması tamamlamıştır. Avogadro, aynı sıcaklık ve basınçta eşit hacimdeki farklı gazların aynı sayıda tanecik içerdiğini ortaya koymuştur.

Gazların mol sayısı ve hacmi arasındaki bağıntıyı açıklayabilmek için basınç ve sıcaklık koşulları belirtilmelidir. Sıcaklığın 0 °C (273 K), basıncın 1 atm olduğu koşullara **normal şartlar (NŞ)**, sıcaklığın 25 °C (298 K), basıncın 1 atm olduğu koşullara da **standart koşullar (SK)** denir. 1 mol gazın hacmi normal şartlarda (NŞ) 22,4 L (Grafik 2.1.4), standart koşullarda (oda koşullarında) 24,5 L olarak ölçülmüştür.

Avogadro Yasası sabit basınç ve sıcaklıktaki (aynı koşullardaki) bir gazın miktarı ile hacminin orantılı olarak değişimini açıklar (Görsel 2.1.7).



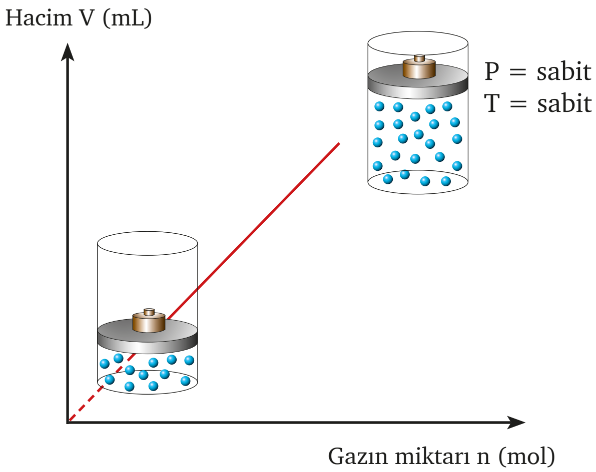
Görsel 2.1.7: Gazların mol sayısı-hacim ilişkisi

Matematiksel olarak sabit basınç ve sıcaklıktaki gazın mol sayısı ile hacminin doğru orantılı olarak değişimi

$V \propto n$ veya $V = k.n$ şeklinde ifade edilir (Grafik 2.1.5).

Bir gazın iki farklı hacim ve mol sayısı durumu karşılaştırıldığında

$\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2}$ ilişkisi yazılabilir.



Grafik 2.1.5: Gazlarda mol sayısı-hacim ilişkisi

ÖRNEK VE ÇÖZÜM

Örnek

1. 0 °C sıcaklıkta ve 1 atm basınçta 0,5 mol CO_2 gazı kaç L hacim kaplar?

Çözüm

1. 1 mol gaz normal şartlarda 22,4 L hacim kapladığına göre verilenler hacim-mol ilişkisi denkliğinde yerine yazılırsa hacim

$$\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2}$$

$$\frac{22,4}{1} = \frac{V_2}{0,5} \Longrightarrow V_2 = 11,2 \text{ L bulunur.}$$

Örnek

2. Ayten ve Kerem sosyal sorumluluk projesi gereği ziyaret için gittikleri Çocuk Esirgeme Kurumunda bayram kutlaması için balon şişiriyorlar. Ayten'in şişirdiği balondaki 0,2 mol gaz 4,9 L hacim kaplıyor. Aynı koşullarda Kerem'in şişirdiği balon 6,125 L hacim kapladığına göre Kerem'in balonunda kaç mol gaz vardır?

Çözüm

2.

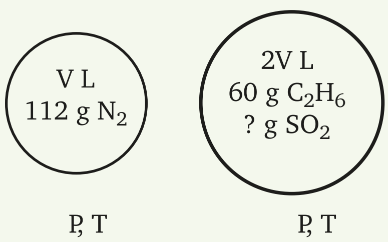
$$\frac{4,9}{0,2} = \frac{6,125}{n_2}$$

n_2= 0,25 mol gaz vardır.

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. Bir öğrenci kimya laboratuvarında Avogadro Yasası'nı deneysel olarak gözlemlemek istiyor. Bu amaçla pistonlu bir kabı 0,1 mol He gazı ile dolduruyor ve gazın hacmini de 200 mL olarak ölçüyor. Kaba aynı koşullarda 0,3 mol daha gaz ilave ediyor. Buna göre kaptaki son hacim kaç mL olur?

2. Aşağıdaki kaplarda bulunan gazlar aynı koşullarda olduğuna göre II. kapta kaç gram SO_2 gazı vardır? (N_2: 28 g/mol, C_2H_6: 30 g/mol, SO_2: 64 g/mol)



GAZ YASALARININ GRAFİKLE YORUMLANMASI

Belirli verilerle gazların özelliklerine etki eden sıcaklık, basınç, hacim, mol sayısı gibi faktörlerin grafikleri çizilebilir ve bu grafikler üzerinde gaz yasaları incelenebilir.

2.1.1. ETKİNLİK — HAZIR VERİLER KULLANILARAK GAZ YASALARI İLE İLGİLİ GRAFİK ÇİZİMİ

Aşağıda gazların sıcaklık, basınç, mol sayısı, hacim gibi verilerini içeren tablolar bulunmaktadır. Verileri kullanarak istenen grafikleri çiziniz.

a) Aşağıda tabloda sabit sıcaklık ve sabit miktardaki gazın basınç-hacim değerleri verilmiştir (Tablo 2.1.1). Bu değerlerden yararlanarak basınç-hacim grafiğini çiziniz.

Tablo 2.1.1: Sabit Sıcaklık ve Miktardaki Gazın Hacim-Basınç Değerleri

Basınç P (atm)	Hacim V (mL)
0,5	600
1	300
1,5	200
2	150
3	100

b) Aşağıdaki tabloda sabit basınçta ve sabit miktardaki gazın hacim-sıcaklık değerleri verilmiştir (Tablo 2.1.2). Bu değerlerden yararlanarak hacim-sıcaklık grafiğini çiziniz.

Tablo 2.1.2: Sabit Basınçta ve Sabit Miktardaki Gazın Hacim-Sıcaklık Değerleri

Hacim V (mL)	Sıcaklık T (K)
25	100
50	200
100	400
200	800
400	1600

c) Aşağıdaki tabloda sabit hacimli ve sabit miktardaki gazın basınç-sıcaklık değerleri verilmiştir (Tablo 2.1.3). Bu değerlerden yararlanarak basınç-sıcaklık grafiğini çiziniz.

Tablo 2.1.3: Sabit Hacimli ve Sabit Miktardaki Gazın Basınç-Sıcaklık Değerleri

Basınç P (atm)	Sıcaklık T (K)
0,20	50
0,40	100
0,80	200
1,60	400
3,20	800

ç) Aşağıdaki tabloda sabit basınçta ve sabit sıcaklıktaki gazın mol sayısı-hacim değerleri verilmiştir (Tablo 2.1.4). Bu değerlerden yararlanarak mol sayısı-hacim grafiğini çiziniz.

Tablo 2.1.4: Sabit Basınç ve Sabit Sıcaklıktaki Gazın Mol Sayısı-Hacim Değerleri

Gazın Miktarı n (mol)	Hacim V (mL)
2	100
3	150
4	200
5	250
6	300

a) **1.** Çizdiğiniz 1. grafikten yararlanarak sabit sıcaklıkta sabit miktardaki gazın basınç-hacim ilişkisini yorumlayınız.

2. Basınç-hacim ilişkisini açıklayan gaz yasası hangisidir?

b) **1.** Çizdiğiniz 2. grafikten yararlanarak sabit basınçta ve sabit miktardaki gazın hacim-sıcaklık ilişkisini yorumlayınız.

2. Hacim-sıcaklık ilişkisini açıklayan gaz yasası hangisidir?

c) **1.** Çizdiğiniz 3. grafikten yararlanarak sabit hacimli ve sabit miktardaki gazın basınç-sıcaklık ilişkisini yorumlayınız.

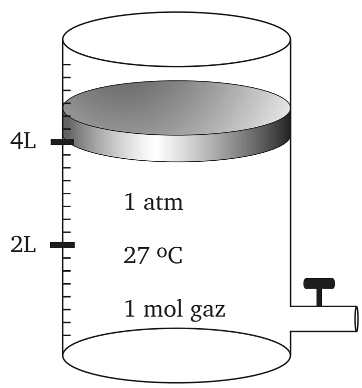
2. Basınç-sıcaklık ilişkisini açıklayan gaz yasası hangisidir?

ç) **1.** Çizdiğiniz 4. grafikten yararlanarak sabit basınçta ve sabit sıcaklıktaki gazın mol sayısı-hacim ilişkisini yorumlayınız.

2. Mol sayısı-hacim ilişkisini açıklayan gaz yasası hangisidir?

NELER KAZANILDI?

Gaz yasalarını incelemek amacıyla laboratuvarda 1 atm basınç ve 27 ^{o}C sıcaklıkta kaba 1 mol gaz konarak aşağıda verilen düzenek kuruluyor ve seçeneklerdeki işlemler sırasıyla yapılıyor. (Piston serbest hareketlidir, sürtünme ve ağırlığını ihmal ediniz.)

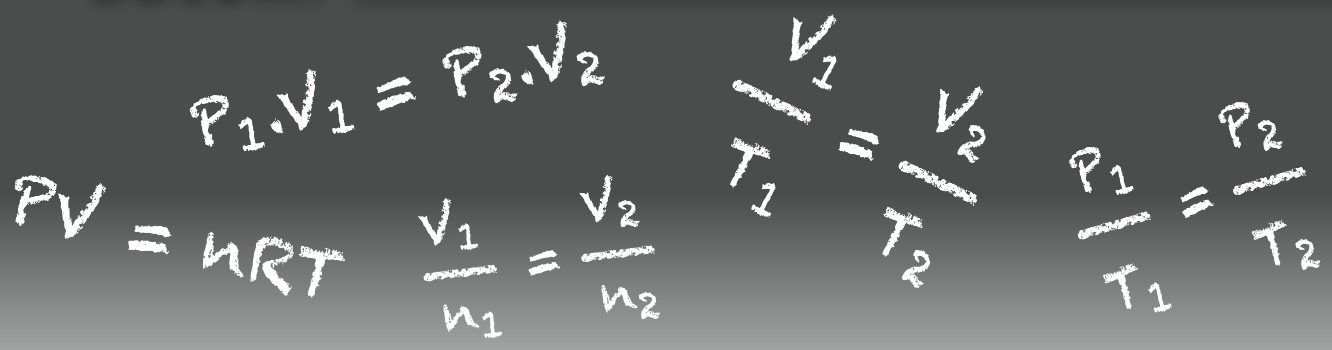


a) Pistonlu kabın üstüne ağırlık konarak hacim 2 L'ye düşürülürse kabın son basıncı ne olur?

b) Pistonlu kabın sıcaklığı 127 ºC'a çıkarılırsa basınç kaç atmosfer olur?

c) Kaba aynı koşullarda (aynı sıcaklık ve basınçta) 1 mol daha gaz ilave ediliyor. Kabın son hacmini bulunuz.

2. BÖLÜM: İDEAL GAZ YASASI



NELER KAZANILACAK? **Deneysel yoldan türetilmiş gaz yasaları ile ideal gaz yasası arasındaki ilişki açıklanırken**

a) Boyle, Charles ve Avogadro yasalarından yola çıkılarak ideal gaz denklemi türetilecek,
b) İdeal gaz denklemi kullanılarak örnek hesaplamalar yapılacak,
c) Normal şartlarda gaz hacimleri kütle ve mol sayısıyla ilişkilendirilecektir.

2.2.1. GAZ YASALARI VE İDEAL GAZ YASASI

Boyle, Charles, Avogadro gibi bilim insanları basınç, sıcaklık, hacim, mol sayısı gibi etkenleri değiştirerek gazların davranışlarını incelemiş ve bazı yasalar geliştirmişlerdir. Gaz yasaları ve yasaları gösteren denklemler aşağıda verilmiştir.

Boyle Yasası mutlak sıcaklık (T) ve mol sayısı (n) sabitken hacim (V) ile basınç (P) ilişkisini açıklar.

$V \alpha \frac{1}{P}$

Charles Yasası basınç (P) ve mol sayısı (n) sabitken hacim (V) ile mutlak sıcaklık (T) arasındaki ilişkiyi açıklar.

$V \alpha T$

Avogadro Yasası ise basınç (P) ve mutlak sıcaklık (T) sabitken mol sayısı (n) ile gazın hacmi (V) arasındaki ilişkiyi açıklar.

$V \alpha n$

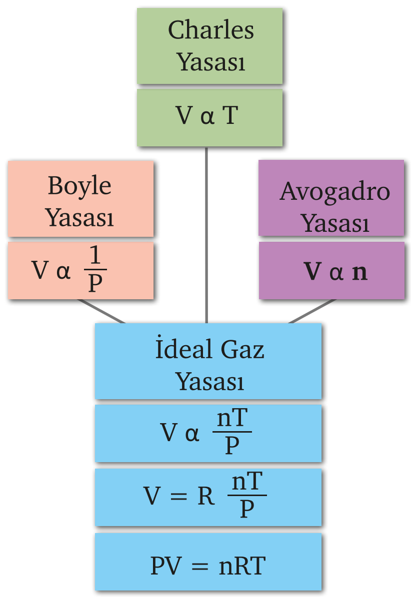
Gazlara etki eden şartların hepsi aynı anda değiştirilebilir. Bu durumda basınç (P), hacim (V), mutlak sıcaklık (T) ve mol sayısı (n) arasındaki ilişki tek bir eşitlikle de ifade edilebilir. Gaz yasalarından da anlaşılacağı gibi bir gazın hacmi; mol sayısı ve sıcaklıkla doğru, basınçla ters orantılıdır. Bu yargı matematiksel olarak

$V \alpha \frac{nT}{P}$ şeklinde ifade edilebilir.

$PV \alpha nRT$ ifadesinde α yerine R sabit sayısı konduğunda eşitlik

$PV = nRT$ şeklinde olur.

Bu denkleme **ideal gaz denklemi** denir (Görsel 2.2.1). Orantı sabiti (R), **gaz sabiti** olarak da adlandırılır.



Görsel 2.2.1: Gaz yasalarından ideal gaz yasasının çıkarılması

1 mol gazın normal şartlardaki hacim (22,4 L), sıcaklık (0 °C) ve basınç (1 atm) değerleri ideal gaz denkleminde yerine konulduğunda R gaz sabitinin değeri bulunabilir.

$PV = nRT$

$1 \text{ atm} . 22,4 \text{ L} = 1 \text{ mol}.R.273 \text{ K}$

$$R = \frac{22,4}{273} \approx 0,0821 \text{ atm L mol}^{-1} \text{K}^{-1}$$

İdeal gaz denkleminde basınç birimi atm, hacim birimi L, sıcaklık birimi K olarak alınır.

$$P\ V = n\ R\ T$$

P: atm; V: L; n: mol; R: $\frac{L.atm}{mol \cdot K}$; T: K

Gaz yasalarına uyan, molekülleri birbirinin davranışından etkilenmeyen ve molekülleri arasında çekim kuvveti olmayan varsayımsal gazlara **ideal gazlar** denir. İdeal gazlarda toplam hacim yanında gaz moleküllerinin hacmi çok küçük olduğundan ihmal edilebilir. Yüksek sıcaklık ve düşük basınçta moleküller arası etkileşim en az olduğu için bu koşullar altındaki gazlar ideale yakın gazlardır. Basınç arttıkça ve sıcaklık düştükçe gaz molekülleri arasındaki etkileşimler artar ve gaz idealden uzaklaşır. Aynı şartlar altında bulunan gazlardan mol kütlesi büyük olan, ideallikten daha çok sapar. Çünkü molekül kütlesi büyük olan gazlarda moleküller arasındaki zayıf etkileşimler daha fazladır.

Gaz hâldeki bir maddenin mol kütlesi ve yoğunluğu da ideal gaz denkleminden yararlanılarak hesaplanabilir. İdeal gaz denklemindeki mol sayısı yerine

$n = \frac{m}{M_A}$ yazıldığında

$PV = \frac{m}{M_A}RT$ ifadesi elde edilir.

Denklemden yararlanılarak M_A bulunmak istenirse eşitlik aşağıdaki şekilde düzenlenir.

$$M_A = \frac{mRT}{PV}$$

Gazların yoğunluğu ile basınç, sıcaklık ve mol sayısı arasında bir ilişki kurulmak istenirse aşağıdaki eşitliğe dönüştürülür.

$PV = \frac{m}{M_A}RT$ formülü $PM_A = \frac{m}{V}RT$

Denklemde $\frac{m}{V}$ yerine d yazıldığında

$$PM_A = dRT$$

$d = \frac{PM_A}{RT}$ eşitliği elde edilir.

İdeal gaz denklemi kullanılarak gazların hacim, kütle ve mol sayısı ile ilgili örnek hesaplamalar yapılabilir.

ÖRNEK VE ÇÖZÜM

Örnek

1. 273 ^{o}C sıcaklıkta 32 gram CH_4 gazı 44,8 L hacim kapladığına göre basınç kaç atmosferdir?
(CH_4: 16 g/mol)

2. $3{,}01x10^{23}$ tane oksijen gazının (O_2) 0 ^{o}C sıcaklıkta 5 atmosfer basınçta hacmi kaç L olur?
($N_A = 6{,}02x10^{23}$)

3. 1,12 atm basınçta molekül kütlesi 17 gram olan gazın 0 ^{o}C sıcaklıktaki yoğunluğunu hesaplayınız.

4. 273 ^{o}C'de 2 atm basınç altında 22,4 L hacim kaplayan CH_4 gazında kaç tane atom bulunur?
(N = Avogadro sayısı)

5. Hacmi 4,48 L olan bir kapta 0,05 mol oksijen 0,08 mol He ve 0,07 mol Ar gazı bulunmaktadır. Basınç 152 cmHg olduğuna göre kabın sıcaklığı kaç ^{o}C olur?

Çözüm

1. T=t+273=273+273=546 K

$n = \frac{m}{M_A} \quad n = \frac{32}{16} \quad n = 2\,mol$

P V=n R T

$P \cdot 44{,}8 = 2 \cdot \frac{22{,}4}{273} \cdot 546$

P=2 atm

2.

$n = \frac{N}{N_A} \quad n = \frac{3{,}01 \times 10^{23}}{6{,}02 \times 10^{23}} \quad n = 0{,}5\,mol$

PV=nRT

$5 \cdot V = 0{,}5 \cdot \frac{22{,}4}{273} \cdot 273$

V=2,24 L

3. $PM_A = dRT$

$1{,}12 \cdot 17 = d \cdot \frac{22{,}4}{273} \cdot 273$

d=0,85 g/L

4. PV=nRT

$2 \cdot 22{,}4 = n \cdot \frac{22{,}4}{273} \cdot 546$

n=1 mol CH_4

1 mol CH_4'da 5 mol atom vardır.

5 mol atom içeren CH_4'da 5N tane atom bulunur.

5. $n_{toplam} = n_{O_2} + n_{He} + n_{Ar}$

$n_{toplam} = 0{,}05 + 0{,}08 + 0{,}07 = 0{,}2$ mol

P = 152 cmHg = 2 atm

PV = nRT

$2 \cdot 4{,}48 = 0{,}2 \cdot \frac{22{,}4}{273} \cdot T$

T= 546 K

T=t+273 t=546-273=273 ^{o}C

6. 0 ^{o}C sıcaklıkta kapalı bir kapta bulunan 14 gram N_2 gazı 44,8 L hacim kapladığına göre kabın basıncını bulunuz. (N: 14 g/mol)

6. $PV = \frac{m}{M_A}RT$

$$P \cdot 44,8 = \frac{14}{28} \cdot \frac{22,4}{273} \cdot 273$$

P=0,25 atm

7. Kapalı bir kapta bulunan CO_2 gazının basıncı 0,41 atm, sıcaklığı 127 ^{o}C olduğuna göre kaptaki gazın özkütlesini hesaplayınız.

(C: 12 g/mol, O: 16 g/mol)

7. $PM_A = dRT$

0,41 . 44 = d . 0,082 . 400

d = 0,55 g/L

8. Aynı basınç ve sıcaklık şartlarında bulunan He gazı ile NO gazının özkütleleri arasındaki oranı bulunuz.

(He: 4 g/mol, N: 14 g/mol O: 16 g/mol)

8. $$\frac{\cancel{P}_{He} M_{A(He)}}{\cancel{P}_{NO} M_{A(NO)}} = \frac{d_{He}\, \cancel{RT}_{He}}{d_{NO}\, \cancel{RT}_{NO}}$$

$$\frac{M_{A(He)}}{M_{A(NO)}} = \frac{d_{He}}{d_{NO}}$$

$$\frac{d_{He}}{d_{NO}} = \frac{4}{30} = \frac{2}{15}$$

NELER KAZANILDI?

1. Kapalı bir kapta 100 K sıcaklıkta bulunan 40 gram Ne gazının basıncı 0,5 atm olduğuna göre kabın hacmini bulunuz. (Ne: 20 g/mol)

2. 1 atm basınçta ve 0 ^{o}C sıcaklıktaki H_2 gazının özkütlesi 0,08 g/L'dir. Sıcaklık 273 ^{o}C'a ve basınç da 4 atm'e getirildiğinde gazın özkütlesi ne olur? (H: 1 g/mol)

3. 2 litrelik kapta 0 ^{o}C sıcaklıkta 11,2 atmosfer basınç yapan X gazının kütlesi 30 gramdır. Gazın mol kütlesini hesaplayınız.

4. Aşağıda verilen gazlardan hangisi ideale daha yakındır? Nedenini açıklayınız.

Gaz	Mol Kütlesi
H_2	2
He	4
O_2	32
CO_2	44

....
....
....
....
....
....
....
....
....



3. BÖLÜM: GAZLARDA KİNETİK TEORİ

NELER KAZANILACAK? **Gaz davranışları kinetik teori ile açıklanırken**

a) Kinetik teorinin temel varsayımları üzerinde durulacak,

b) Kinetik teorinin temel varsayımlarını kullanarak Graham Difüzyon ve Efüzyon Yasası türetilecek,

c) Difüzyon deneyi yapılacak, bilişim teknolojilerinden (animasyon, simülasyon, video vb.) yararlanılarak da difüzyon açıklanacaktır.

2.3.1. KİNETİK TEORİ



Görsel 2.3.1: Yasemin çiçeği

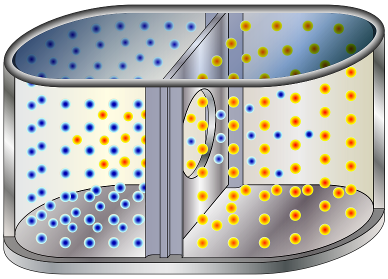
Deniz kenarındaki iyot, bahçedeki yasemin (Görsel 2.3.1), fırından yeni çıkmış sıcak ekmek kokusunu ve parfümün geride bıraktığı kokuyu algılamamızın nedeni gazların yayılma özelliği ile ilgilidir ve bu olay gaz yasaları ile açıklanır.

Bilim insanları 19. yüzyılda yaptıkları çalışmalarla gazların davranışını açıklamışlardır. Gazların davranışını açıklayan teoriye **kinetik teori** denir. Kinetik teoriye göre

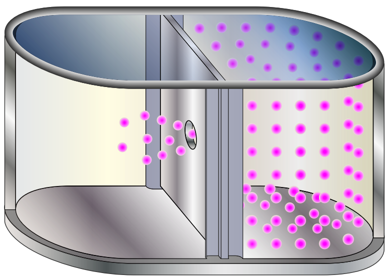
- Gaz molekülleri gelişigüzel ve sürekli hareket eder, birbirleriyle ve kap yüzeyiyle çarpışır. Bu çarpışmalar hızlı ve esnektir (Brown hareketi).
- Gaz molekülleri arasındaki uzaklık gazın öz hacmine göre çok büyük olduğu için gazların öz hacmi ihmal edilir.

- Gaz molekülleri arasındaki uzaklık oldukça fazladır. Bu nedenle gaz moleküllerinin birbirleriyle çarpışma anı dışında aralarında hiçbir zayıf etkileşim olmadığı varsayılır.
- Gaz moleküllerinin kinetik enerjileri mutlak sıcaklıkla doğru orantılıdır. Bu nedenle aynı sıcaklıktaki gaz moleküllerinin ortalama kinetik enerjileri birbirine eşittir.
- Kinetik enerjileri eşit olan gaz moleküllerinden molekül kütlesi küçük olanın hızı daha fazladır.
- Bir gaz, kinetik teori varsayımlarına ne kadar yakın davranıyorsa ideal gaz olmaya da o kadar yakındır.

GRAHAM DİFÜZYON YASASI



Görsel 2.3.2: Gazların difüzyonu



Görsel 2.3.3: Gazların efüzyonu

Gaz hâlindeki tanecikler sürekli ve gelişigüzel hareket eder. Hareketleri esnasında birbirleriyle ve kabın yüzeyiyle çarpışır. Bu çarpışmalar esnasında hareket yönleri sürekli değişir. Çarpışmalar esnasında gaz moleküllerinin yönlerinin değişmesi gaz moleküllerinin yayılmalarını yavaşlatır. Ancak birbirleri içinde homojen olarak dağılmasını engellemez.

Gaz moleküllerinin aynı ya da farklı gaz molekülleri arasında yayılmasına **difüzyon** denir (Görsel 2.3.2). Kapalı bir kapta bulunan gaz moleküllerinin küçük bir delikten boşluğa yayılmasına da **efüzyon** denir (Görsel 2.3.3).

Gazların difüzyon ve efüzyon hızı gaz moleküllerinin kinetik enerjilerine bağlı olarak değişir. Kinetik enerjinin sıcaklıkla değişimini gösteren formül aşağıdaki şekilde olur.

$$E_K = \frac{3}{2}kT$$

Formüldeki "k", Boltzmann sabitidir. Aynı ortamda bulunan gaz taneciklerinin ortalama kinetik enerjileri eşittir. Formülden de anlaşılacağı gibi kinetik enerji mutlak sıcaklığa da bağlıdır. Mutlak sıcaklık arttıkça gaz taneciklerinin kinetik enerjileri de artar.

Kinetik enerji ile hız arasındaki ilişki ise aşağıdaki formülle açıklanır.

$$E_K = \frac{1}{2}mv^2$$

Her iki formülden de anlaşılacağı gibi gaz taneciklerinin mutlak sıcaklıkları arttığında kinetik enerjileri, kinetik enerjileri arttığında da molekül kütlesine bağlı olarak hızları artar. Gaz taneciklerinin hızları arttıkça difüzyon ve efüzyon hızları da artar.

Aynı sıcaklıkta bulunan iki farklı gaz molekülünün difüzyon ve efüzyon hızları kinetik enerji formülünden yararlanılarak karşılaştırılabilir. X ve Y aynı sıcaklıkta bulunan iki farklı gaz molekülü olsun.

E_{K_X}: X molekülünün ortalama kinetik enerjisi

E_{K_Y}: Y molekülünün ortalama kinetik enerjisi

X ve Y molekülünün sıcaklıkları aynı olduğundan ortalama kinetik enerjileri eşittir.

$$E_{K_X} = E_{K_Y}$$

$$E_{K_X} = E_{K_Y}$$

$$\frac{1}{2} m_X v_X^2 = \frac{1}{2} m_Y v_Y^2$$

$$\frac{v_X^2}{v_Y^2} = \frac{m_Y}{m_X}$$

m_Y : Y gazı taneciğinin kütlesi
m_X : X gazı taneciğinin kütlesi

$$\frac{v_X}{v_Y} = \sqrt{\frac{m_Y}{m_X}}$$

v_X : X gazının ortalama yayılma hızı
v_Y : Y gazının ortalama yayılma hızı

Gazların tanecik kütleleri yerine mol kütleleri alındığında aşağıdaki eşitlik elde edilir.

$$\frac{v_X}{v_Y} = \sqrt{\frac{M_{A_Y}}{M_{A_X}}}$$

Gaz taneciklerinin hızı ile molekül kütleleri arasındaki bağıntıya **Graham Difüzyon Yasası** denir. Graham Difüzyon Yasası'na göre bir gaz molekülünün difüzyon veya efüzyon hızı taneciklerin mol kütlelerinin kareköküyle ters orantılıdır.

Kinetik enerjinin hıza bağlılığını ve kinetik enerji-hız ilişkisini gösteren iki formül aşağıdaki şekilde birleştirilebilir. Böylece gaz moleküllerinin hızının mutlak sıcaklık ve molekül kütlelerine bağlı olarak nasıl değiştiği açıklanabilir.

$$E_K = \frac{3}{2}kT = \frac{1}{2}mv^2 \qquad v = \sqrt{\frac{3kT}{m}}$$

Formülden yararlanılarak farklı sıcaklıkta bulunan iki farklı gaz molekülünün difüzyon veya efüzyon hızları karşılaştırılabilir.

$$v = \sqrt{\frac{3kT}{m}}$$

$$\frac{v_X}{v_Y} = \frac{\sqrt{\frac{3kT_X}{m_X}}}{\sqrt{\frac{3kT_Y}{m_Y}}} = \sqrt{\frac{3kT_X}{m_X} \cdot \frac{m_Y}{3kT_Y}}$$

$$\frac{v_X}{v_Y} = \sqrt{\frac{T_X m_Y}{T_Y m_X}} \text{ veya } \frac{v_X}{v_Y} = \sqrt{\frac{T_X M_{A_Y}}{T_Y M_{A_X}}}$$

Farklı sıcaklıkta bulunan iki farklı gaz molekülünün difüzyon ve efüzyon hızları karşılaştırıldığında gaz moleküllerinin hızı mutlak sıcaklığın kareköküyle doğru, mol kütlesinin kareköküyle ters orantılıdır.

Gazların yayılma hızı arttıkça yayılma süreleri kısalır yani mol kütlesi küçük olan gaz daha hızlı ve daha kısa sürede yayılır. Graham Difüzyon Yasası gazların yayılma süreleri de dikkate alınarak genel bir biçimde aşağıdaki eşitlikler şeklinde yazılabilir.

$$\frac{v_X}{v_Y} = \sqrt{\frac{T_X M_{A_Y}}{T_Y M_{A_X}}} = \sqrt{\frac{d_Y}{d_X}} = \frac{t_Y}{t_X}$$

t_X : X gazının yayılma süresi
t_Y : Y gazının yayılma süresi

2.1.2 ETKİNLİK GAZLARIN DİFÜZYONU

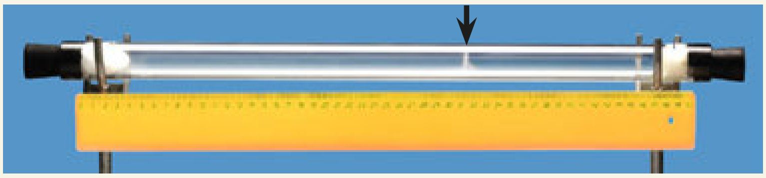


Araç ve Gereç

- NH_3 çözeltisi
- Derişik HCl çözeltisi
- Cam boru (iki ucu açık, 50 cm uzunluğunda, yaklaşık 2 cm çapında)
- İki adet destek çubuğu
- Mantar tıpa (2 adet)
- Pamuk parçası (2 adet)
- Pens (2 adet)
- Kronometre
- Pipet veya damlalık
- Cetvel

GÜVENLİK UYARISI

- Deney çok iyi havalandırılan ortamda ya da açık havada yapılmalıdır.
- Kullanılmadığı zamanlarda HCl ve NH_3 şişelerinin kapakları kapalı tutulmalı, buharlarının solunmasından kaçınılmalıdır.
- Deney yukarıda verilen güvenlik işaretlerinin anlamları dikkate alınarak yapılmalıdır.



Görsel 2.3.4: Gazların difüzyon hızının ölçülmesi

ETKİNLİK BASAMAKLARI

1. Cam tüp destek çubuklarına yatay şekilde tutturulur.
2. Deney yapılırken HCl ve NH_3 buharları toksik ve tahriş edici olduğu için solunmamasına dikkat edilir.
3. Pamuklardan bir tanesine derişik HCl, diğerine NH_3 çözeltisi pipet veya damlalıkla damlatılır.
4. Islanan pamuklardan biri cam tüpün bir ucuna, diğeri öbür ucuna aynı anda yerleştirilir ve cam çubuğun uçları mantar tıpa ile kapatılarak kronometre çalıştırılır.
5. Cam tüp dikkatle izlenir. Oluşan beyaz halkanın cam borunun iki ucuna olan uzaklığı ve geçen süre not edilir (Görsel 2.3.4).

ETKİNLİĞİN SONUÇLANDIRILMASI

1. Tepkimenin başlaması için geçen süre ne kadardır? Bu sürenin uzaması veya tepkimenin daha kısa sürede gerçekleşmesi mümkün müdür?
2. Oluşan beyaz halka cam borunun her iki ucuna eşit uzaklıkta mıdır? Hangi uca daha yakındır? Nedenini yazınız.
3. Her iki gazın difüzyon hızlarının farklı olduğu söylenebilir mi? Nedenini yazınız.
4. Difüzyon hızı ile gazların molekül kütleleri arasındaki ilişkiyi açıklayınız.

KAYNAK

Graham hız difüzyon kanunu ile ilgili

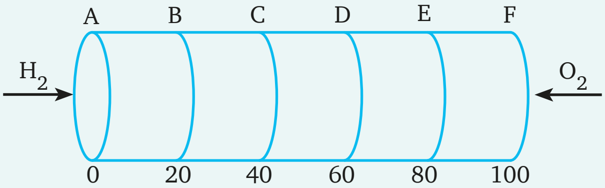
http://www.eba.gov.tr/embed.php?type=v&id=02587dc2219a355e94a80b0f7f4febd959e-df81ed6002 adresini ziyaret edebilirsiniz.

ÖRNEK VE ÇÖZÜM

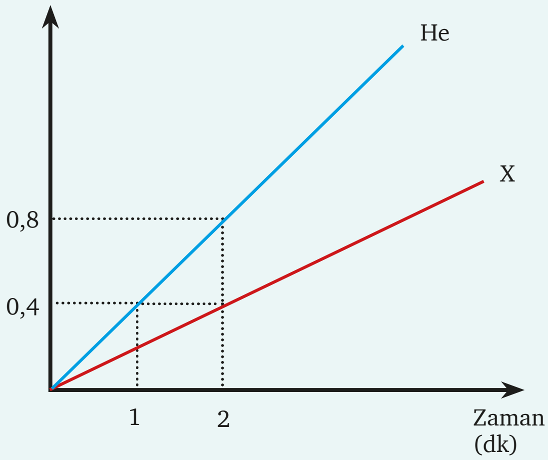
Örnek

1. Şekilde görülen 100 cm uzunluğundaki cam borunun A ucundan hidrojen (H_2) gazı, F ucundan oksijen (O_2) gazı gönderiliyor. Gazlar, eşit bölmeli cam borunun hangi bölmesinde karşılaşır?

(H_2: 2 g/mol, O_2: 32 g/mol)



2. Aynı şartlarda difüzyona uğrayan He ve X gazının mol sayılarının zamanla değişim grafiği aşağıda verilmiştir. X gazının mol kütlesi nedir? (He: 4 g/mol)



Çözüm

1. $\frac{v_{H_2}}{v_{O_2}} = \sqrt{\frac{M_{O_2}}{M_{H_2}}}$

$\frac{v_{H_2}}{v_{O_2}} = \sqrt{\frac{32}{2}} = 4$

H_2 4 birim yol alırken O_2 1 birim yol alır.

H_2 80 cm yol alırken O_2 20 cm yol alır.

E çizgisinde karşılaşırlar.

2. $\frac{v_{He}}{v_X} = \sqrt{\frac{M_X}{M_{He}}}$

Moleküllerin hızları mol/zaman olarak da verilebilir.

$$\frac{\frac{0,8}{\cancel{2}}}{\frac{0,4}{\cancel{2}}} = \sqrt{\frac{M_X}{4}}$$

$$\left(\frac{2}{1}\right)^2 = \left(\sqrt{\frac{M_X}{4}}\right)^2$$

$$\frac{4}{1} = \frac{M_X}{4}$$

M_X=16 g/mol

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. 127 °C'ta difüzyon hızı 2 m/s olan gazın hızını iki katına çıkarmak için sıcaklık kaç K yapılmalıdır?

NELER KAZANILDI?

1. Kinetik teoriye göre aşağıdaki seçeneklerden hangisi yanlıştır?

A) Gaz molekülleri, birbirleriyle ve kap yüzeyi ile gelişigüzel ve sürekli olarak çarpışır.

B) Gaz moleküllerinin öz hacmi ihmal edilemez.

C) Gaz molekülleri arasında etkileşim olmadığı varsayılır.

D) Gaz moleküllerinin kinetik enerjileri mutlak sıcaklıkla doğru orantılıdır.

E) Aynı sıcaklıktaki gaz moleküllerinin ortalama kinetik enerjileri birbirine eşittir.

2. Sabit hacimli bir kapta mol sayıları eşit olan He ve CO_2 gazları bulunmaktadır.
(He: 4 g/mol, CO_2: 44 g/mol)

Bu gazlarla ilgili

I. He ve CO_2 taneciklerinin ortalama kinetik enerjileri eşittir.

II. He gazı tanecikleri ile CO_2 moleküllerinin hızları eşittir.

III. Birim zamanda kap yüzeyine çarpan CO_2 molekülü daha fazladır.

ifadelerinden hangisi ya da hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız III C) I ve II

D) II ve III E) I, II ve III

3. 400 °C'ta A gazı moleküllerinin ortalama hızı $6x10^{-6}$ m/s'dir. Aynı sıcaklıkta B gazı moleküllerinin ortalama hızı ise $3x10^{-6}$ m/s'dir.

a) Gazların molekül kütlelerinin oranı nedir?

b) A gazının mol kütlesi 16 gram ise B gazının mol kütlesi kaç gramdır?

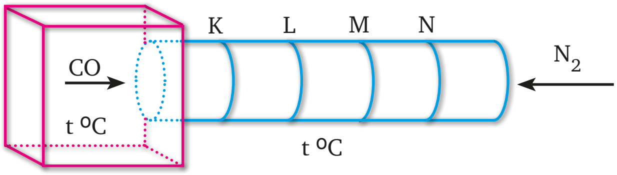
4. Mol kütlesi 72 g/mol olan X gazı ile mol kütlesi 2 g/mol olan Y gazı aynı ortamda bulunmaktadır.

a) X ve Y gazının hızlarının oranını bulunuz.

b) X gazı, bulunduğu kaptaki bir delikten boşluğa dakikada 1 mm yayılıyorsa Y gazı aynı kaptaki delikten dakikada kaç mm yayılır?

5. 300 K sıcaklıkta bulunan CH_4 gazının yayılma hızı, 75 K sıcaklıkta bulunan SO_2 gazının yayılma hızının kaç katıdır?
(CH_4: 16 g/mol, SO_2: 64 g/mol)

6. Farklı ortamlarda aynı sıcaklıkta bulunan CO ve N_2 gazlar bir cam borunun iki ucundan aynı anda difüzleniyor (Bölmeler eşit aralıklıdır.).



a) CO ve N_2 gazları cam borunun neresinde karşılaşır? (C: 12 g/mol, N: 14 g/mol, O: 16 g/mol)

b) Gazların K noktasında karşılaşması için ne yapılmalıdır?

7. Ne ve SO_3 gazlarıyla ilgili aşağıda verilen tablodaki ifadeleri okuyarak ifadeler doğru ise "D", yanlış ise "Y" harfinin yanındaki parantezin içini işaretleyiniz. Yanlış olarak işaretlediğiniz ifadelerin karşısına doğrusunu yazınız. (Ne:20 g/mol, S:32 g/mol, O:16 g/mol)

İfadeler	Karar	Doğrusu
Aynı sıcaklıkta Ne gazı atomlarının ve SO_3 moleküllerinin ortalama kinetik enerjileri eşittir.	( ) D ( ) Y	
Aynı sıcaklıkta Ne atomlarının hızı SO_3 moleküllerinin hızının 4 katıdır.	( ) D ( ) Y	
25 °C'taki Ne molekülleri 15 °C'taki Ne moleküllerinden hızlıdır.	( ) D ( ) Y	

4. BÖLÜM: GAZ KARIŞIMLARI

NELER KAZANILACAK? **Gaz karışımlarının kısmi basınçları günlük hayattan örneklerle açıklanırken**
Sıvıların doygun buhar basınçları kısmi basınç kavramıyla ilişkilendirilecek, su üzerinde toplanan gazlarla ilgili hesaplamalar yapılacaktır.

2.4.1. KISMİ BASINÇ



Görsel 2.4.1: Doğal gaz tesisi

Doğal gaz, yer kabuğundaki kayaçların mikroskobik gözeneklerinde bulunan gaz karışımıdır. Doğal gazın yüzdece bileşiminin büyük bir kısmını metan oluşturur. İçindeki gazlar sırasıyla metan, etan, propan, bütan ve diğer gazlar şeklindedir.

Doğal gaz, yer kabuğuna açılan deliklerden borular aracılığıyla yeryüzüne çıkarılır. Gaz karışımı olduğu için boru hatlarıyla belirli basınç altında taşınır ve depolanır (Görsel 2.4.1).

Doğal gaz, LPG (sıvılaştırılmış petrol gazı), dalış tüplerindeki gaz ve atmosfer bir gaz karışımıdır. Gaz karışımlarının bulunduğu ortama yaptığı basınç, karışımı oluşturan gazların basınçlarının toplamına eşittir.

John Dalton (Con Daltın), 1801 yılında yaptığı çalışmalarla gaz karışımlarının basınçlarının belirlenmesine önemli katkılarda bulunmuştur. Dalton, bir kapta bulunan gaz karışımındaki her bir gazın kabı dolduracak kadar genleştiğini, kabın içinde tek başına bulunduğu zaman yapacağı basınca eş değer bir basınç yaptığını ileri sürmüştür. Karışımdaki bir gazın tek başına uyguladığı basınca **kısmi basınç** denir.

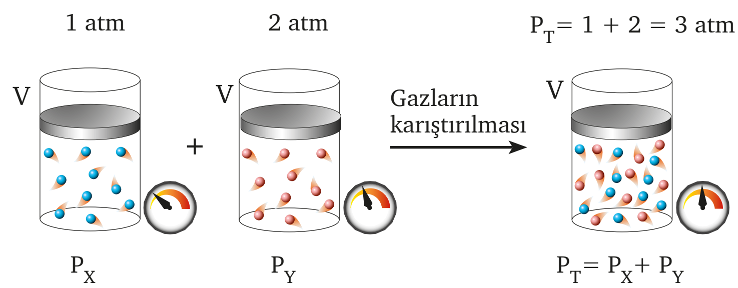
BİLİYOR MUSUNUZ?

Aşağıda doğal gazın yüzde bileşimi verilmiştir.

Bileşen	Yaklaşık hacimce yüzdesi (%)
Metan (CH_4)	90
Etan (C_2H_6)	5
Propan (C_3H_8)	3
Bütan (C_4H_{10})	1
Diğer gazlar	1

Dalton'un Kısmi Basınçlar Yasası'na göre bir gaz karışımındaki toplam basınç, karışımdaki her bir gazın kısmi basınçlarının toplamına eşittir (Görsel 2.4.2).

$$P_T = P_X + P_Y + P_Z + ...$$



Görsel 2.4.2: Gaz karışımının toplam basıncı

Basınç, karışımda bulunan gaz moleküllerinin birbirine veya kabın çeperlerine çarpmasıyla oluşur. Bu nedenle basınç, kaptaki gazların mol sayısı ile ilişkilidir.

Bir gaz karışımındaki toplam basınç (P_T), gaz moleküllerinin yapısına değil, karışımdaki gazların toplam mol sayısına bağlıdır.

$$n_T = n_X + n_Y$$

Karışımdaki gazlar için ayrı ayrı ideal gaz denklemi kullanılabileceği gibi karışım için de ideal gaz denklemi yazılabilir.

$$P_X V_X = n_X RT$$

$$P_Y V_Y = n_Y RT$$

$$P_T V_T = n_T RT$$

Herhangi bir X gazının kısmi basınç formülü, gazın toplam basınç formülüne oranlandığında aşağıdaki bağıntı elde edilir.

$$\frac{P_X}{P_T} = \frac{\frac{n_X \cancel{RT}}{\cancel{V}_T}}{\frac{n_T \cancel{RT}}{\cancel{V}_T}}$$

$$\frac{P_X}{P_T} = \frac{n_X}{n_T}$$

Gaz karışımındaki bir gazın mol sayısının karışımdaki bütün gazların toplam mol sayısına oranına **mol kesri** denir ve X ile gösterilir. Matematiksel olarak aşağıdaki gibi ifade edilir.

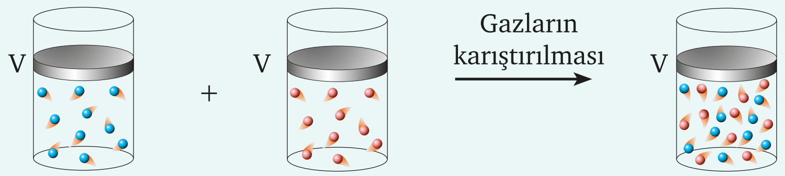
$$X = \frac{n_X}{n_T}$$

X= mol kesri
n_X= gazın mol sayısı
n_T= karışımın toplam mol sayısı

Herhangi bir gaz karışımındaki bütün gazların mol kesirleri toplamı daima 1'e eşittir.

$$X_T = X_X + X_Y + X_Z + ... = 1$$

ÖRNEK VE ÇÖZÜM



(O_2)
P_{O_2} = 4 atm
T = 273 K
n = 2 mol

(Ar)
P_{Ar} = 8 atm
T = 273 K
n = 4 mol

(O_2 + Ar)
P_T = ?
T = 273 K
n = ?

P_T : Toplam basınç
V_T : Toplam hacim

Yukarıda görseli verilen kaplardaki gazlar karıştırılıyor. Gaz karışımıyla ilgili aşağıda verilen soruları cevaplayınız.

Örnek

1. Gaz karışımının toplam basıncını bulunuz.

2. Her bir gazın mol kesrini bulunuz.

Çözüm

1. Toplam basınç karışımdaki her bir gazın kısmi basınçları toplamına eşittir.

$P_T = P_{O_2} + P_{Ar}$

$P_T = 4 + 8$

P_T = 12 atm olarak bulunur.

2. $n_T = n_{O_2} + n_{Ar}$

$n_T = 2 + 4$

n_T = 6 mol

$$X_{O_2} = \frac{n_{O_2}}{n_T} = \frac{2}{6} = \frac{1}{3}$$

$$X_{Ar} = \frac{n_{Ar}}{n_T} = \frac{4}{6} = \frac{2}{3}$$

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. Aynı sıcaklıktaki 0,5 mol He, 1,5 mol CO_2 ve 3 mol N_2'un bulunduğu 2 L'lik bir kaptaki gazların toplam basıncı 1520 Torr olduğuna göre karışımdaki gazların kısmi basınçları kaç atmosferdir?

2. 0,2 g H_2 ve 0,8 g He gazları karışımı 0 ^oC'ta 1 L'lik kaba konulduğunda

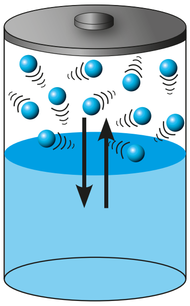
a) Karışımın toplam basıncı ve gazların kısmi basınçları kaç atm olur?
(H: 1 g/mol, He: 4 g/mol)

b) Kabın hacmi yarıya indirilirse toplam basınç kaç atm olur?

Su Üzerinde Toplanan Gazlar



Görsel 2.4.3: Sis



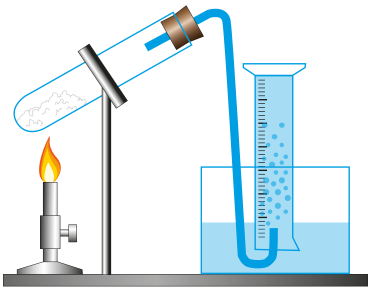
Görsel 2.4.4: Doygun buhar basıncı

Atmosfer N_2, CO_2, O_2 gibi birçok gazdan oluşan gaz karışımıdır. Atmosferi oluşturan gazlardan biri de su buharıdır. Atmosferdeki su buharını günlük yaşantımızda gece ve gündüz sıcaklık farkının fazla olduğu dönemlerde görmek mümkündür. Sis adı verilen meteorolojik olayda yatay görüş mesafesi 100 m'nin altına düşebilir (Görsel 2.4.3). Atmosferdeki su buharının yoğuşması veya donarak kristalleşmesi sonucu ortaya çıkan çok küçük su damlacıkları ya da buz kristalleri sis ve çiyi oluşturur.

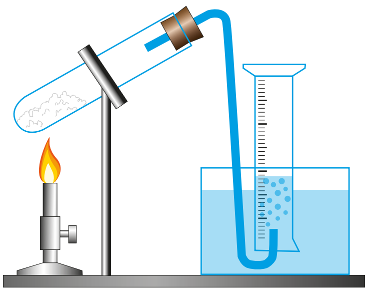
Kapalı kapta bulunan su, atmosferde olduğu gibi her sıcaklıkta buharlaşır. Kapalı kaptaki su bir süre bekletildiğinde buhar moleküllerinin sayısı artar. Artan buhar moleküllerinin bazılarının kinetik enerjisinin azalması sonucu buhar yoğuşur. Bir süre sonra buharlaşan su miktarı ile yoğuşan buhar miktarı dengelenir. Bu olaya suyun **doygun buhar basıncı** ya da **denge buhar basıncı** denir (Görsel 2.4.4). Doygun buhar basıncı sıcaklığa bağlı olarak değişir. Bir denge durumu olduğu için hacim artışı ya da azalışı doygun buhar basıncını etkilemez. Görsel 2.4.4'teki gibi su bulunan bir kaba suda çözünmeyen ve suyla tepkime vermeyen bir gaz eklenebilir. Bu durumda su yüzeyindeki gaz basıncı, eklenen gazın kısmi basıncı ile suyun doygun buhar basınçları toplamına eşit olur.

Dalton'un Kısmi Basınçlar Yasası su üzerinde toplanan gazların hacmini ve basıncını hesaplamak için de kullanılır. Laboratuvarda gazların su üzerinde toplanması yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biridir. Bu yöntem kimyasal reaksiyonlar sonucunda açığa çıkan gazları saf olarak elde etmek için kullanılır. Bu yöntemin kullanılabilmesi için elde edilmek istenen gazın su ile tepkime vermemesi ve suda çözünmemesi gerekir. Örneğin laboratuvarda O_2 eldesinde kullanılan yöntemlerden biri de potasyum kloratın ($KClO_3$) ısıtılmasıdır. Potasyum klorat ısıtıldığında oksijen gazı açığa çıkar.

$$2KClO_3(k) \xrightarrow{ısı} 2KCl(k) + 3O_2(g)$$



a)



b)

Görsel 2.4.5: a) Gazların su üzerinde toplanması
b) Toplanan gaz su ile yer değiştirir.

Açığa çıkan oksijen gazı su dolu dereceli silindir (mezür) içinde toplanır. Dereceli silindirde toplanan gazın basıncı oksijen gazından ve suyun buhar basıncından kaynaklanır (Görsel 2.4.5.a,b). Oksijen gazının kısmi basıncı ile su buharının kısmi basıncının toplamı toplam gaz basıncını verir.

$$P_T = P_{O_2} + P_{H_2O}$$

Su yüzeyinde oluşan doygun buhar basıncı sıcaklığa bağlı olarak değişir. Toplam basınç hesaplanırken o sıcaklıktaki suyun buhar basıncı bilinmelidir. Örneğin 19 °C'ta suyun buhar basıncı 16,48 mmHg'dır.

ÖRNEK VE ÇÖZÜM

Örnek

1. Potasyum kloratın ($KClO_3$) 24 °C'a kadar ısıtılmasıyla su üzerinde 24 °C'ta O_2 gazı Görsel 2.4.5'teki gibi toplanmaktadır.

   Su üzerinde toplanan O_2 gazının kısmi basıncını bulunuz.

   (Oksijen gazının suda hiç çözünmediğini varsayınız. 24 °C'ta P_{H_2O}: 22,40 mmHg; P°: 760 mmHg)

   $$2KClO_3(k) \xrightarrow{ısı} 2KCl(k) + 3O_2(g)$$

2. Laboratuvarda H_2 gazı elde etme yöntemlerinden biri de aktif metallerin asitlerle tepkimesidir. Bu yöntemden yararlanarak H_2 elde etmek isteyen Deniz, aşağıdaki tepkimeyi gerçekleştiriyor.

   $$Zn(k) + 2HCl(aq) \xrightarrow{ısı} ZnCl_2(aq) + H_2(g)$$

   Açığa çıkan H_2 gazını 20 °C'ta su üstünde toplayan Deniz, elde ettiği H_2'in kısmi basıncını 380 mmHg, toplam basıncını da 397,5 mmHg olarak ölçüyor.

   Buna göre 20 °C'ta suyun doygun buhar basıncını hesaplayınız.

Çözüm

1. $P_T = P_{O_2} + P_{H_2O}$

   $760 = P_{O_2} + 22{,}4$

   $P_{O_2} = 737{,}6$ mmHg

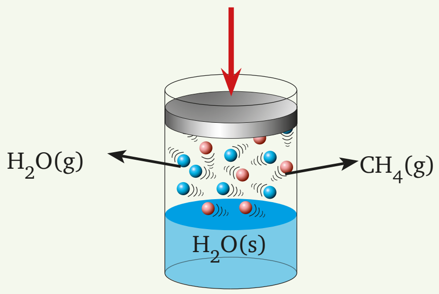
2. $P_T = P_{H_2} + P_{H_2O}$

   $397{,}5 = 380 + P_{H_2O}$

   $P_{H_2O} = 17{,}5$ mmHg

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1.



Sıcaklığın 20 °C olduğu ortamda şekildeki sürtünmesiz pistonlu kaptaki su üzerinde CH_4 gazı bulunmaktadır. Kaptaki toplam basınç 220 mmHg ölçülmüştür. Piston, gaz hacmi yarıya inene kadar itilerek sabitleniyor.

Sıcaklık değişmediğine göre son durumda toplam gaz basıncı kaç mmHg olur?

(20 °C'ta suyun buhar basıncı 20 mmHg'dır ve CH_4 gazının suda çözünmediği kabul edilmiştir.)

NELER KAZANILDI?



Artan enerji ihtiyacı ve fosil yakıtların çevreyi kirletmesi alternatif enerji kaynaklarına olan ihtiyacı artırmıştır. Alternatif enerji kaynaklarını araştıran Ali yaptığı araştırma sonucunda suyun elektrolizinden H_2 elde etmek istiyor. Ali'nin yaptığı elektroliz (bileşiklerin elektrik enerjisi ile bileşenlerine ayrılması) deneyinin düzeneği yanda verilmiştir.

Deneyle ilgili soruları cevaplandırınız.

1. Ali bir miktar suyu 24 ^{o}C sıcaklıkta elektroliz ederek oluşan hidrojen gazını su üstünde topluyor. Deney tüpünde 10 mL hacim kaplayan gazın toplam basıncını 782,40 mmHg olarak ölçüyor.

(24 ^{o}C P_{H_2O}: 22,40 mmHg, R: 0,082 atm.L/mol.K ve deney süresince sıcaklık sabit tutulmaktadır.)

a) Deney tüpünde toplanan H_2 gazının kısmi basıncını bulunuz.

b) İdeal gaz denkleminden yararlanarak H_2 gazının mol sayısını bulunuz.

2. Deney tüpünün ağzını mantarla dikkatlice kapatan Ali, deney tüpünü suyun buhar basıncı ihmal edilebilir düzeye gelinceye kadar soğutuyor. H_2 gazını uygun bir biçimde 100 mL hacimli 2 atm basınçta CH_4 gazı bulunan kapalı bir kaba aktarıyor.

a) Kaptaki toplam basıncı bulunuz.

b) Kapalı kaba alınan H_2 gazının kısmi basıncını hesaplayınız.

c) H_2 ve CH_4 gazlarının mol kesirlerini hesaplayınız.



5. BÖLÜM: GERÇEK GAZLAR

NELER KAZANILACAK? Gazların sıkışma-genleşme sürecinde gerçek gaz ve ideal gaz kavramları karşılaştırılırken

a) Gerçek gazların hangi durumlarda ideallikten saptığı belirtilecek,

b) Karbon dioksidin ve suyun faz diyagramı açıklanacak, buhar ve gaz kavramları arasındaki fark vurgulanacak (Suyun farklı kristal yapılarını gösteren faz diyagramlarına girilmeyecektir.),

c) Günlük hayatta yaygın kullanılan ve gerçek gazların hâl değişimlerinin uygulamaları olan soğutma sistemleri (Joule-Thomson olayı) örnekleriyle açıklanacaktır.

2.5.1. GERÇEK GAZ VE İDEAL GAZ

Gerçek Gazların İdeal Gaz Varsayımından Sapması

Gazların davranışlarını açıklayan kinetik teoriye göre

1. Gaz tanecikleri çok küçük hacme sahip olduklarından kabın hacmine göre gaz taneciklerinin hacmi ihmal edilebilir.

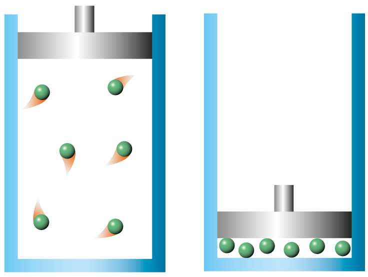
2. Gaz tanecikleri arasında itme ve çekme kuvvetlerinin olmadığı ve birbirlerinin davranışlarından etkilenmediği varsayılır.

Bu iki koşulu sağlayan gazlar **ideal gaz** olarak tanımlanabilir. İdeal gazlar kinetik teorinin varsayımlarına ve gaz yasalarına uyan gazlardır. Doğada bulunan gazlar ise **gerçek gazlar** olarak tanımlanabilir. Gerçek gazlar uygun koşullarda (yüksek sıcaklık ve düşük basınç) ideale yakın davranır. Ancak bu her koşulda mümkün değildir. Gazlar yüksek basınç ve düşük sıcaklıkta ideallikten sapar. Gaz moleküllerinin pistonlu bir kapta olduğu düşünülürse piston aşağıya indikçe kabın hacmi küçülür. Hacim küçüldüğünde kabın hacmine göre gaz hacmi ihmal edilir büyüklükte değildir (Görsel 2.5.1). Örneğin evrenin büyüklüğü yanında Dünya'nın büyüklüğü ihmal edilebilir derecede küçüktür. Fakat Güneş Sistemi'nin büyüklüğü yanında Dünya'nın büyüklüğü ihmal edilemez.

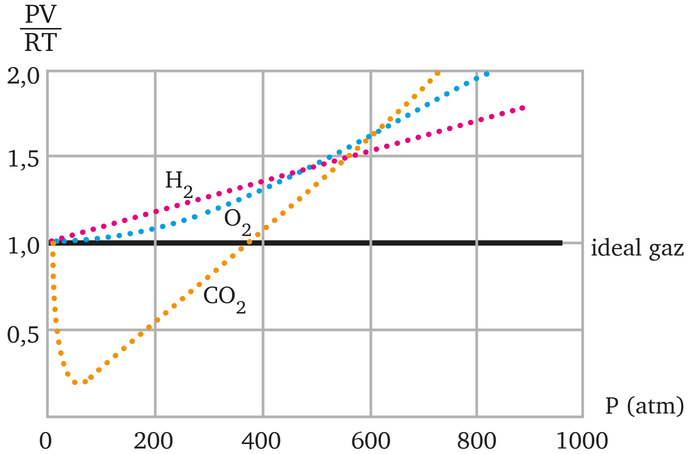
İdeal gaz denkleminde 1 mol ideal gaz için

$$\frac{PV}{RT} = 1$$ dir.

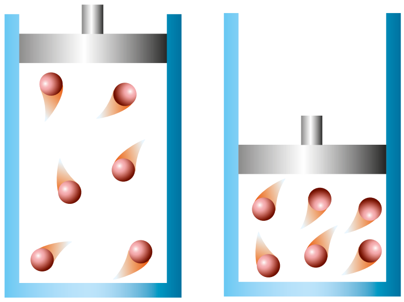
İdeal gazlar farklı sıcaklık ve basınç koşullarında da bu eşitliği doğrular. Ancak gerçek gazlar her koşulda bu eşitliği sağlamaz.



Görsel 2.5.1: Kap hacmine göre gaz hacmi ihmal edilebilir ya da edilemez.



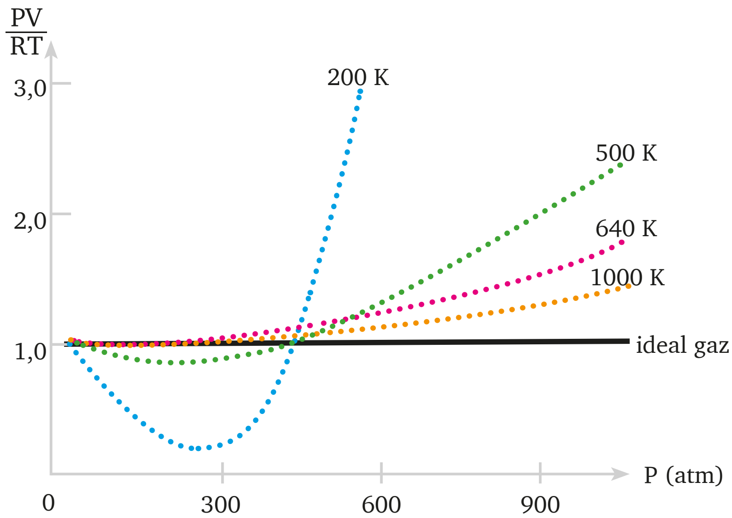
Grafik 2.5.1: Farklı gazların PV/RT oranının basınçla değişimi



Görsel 2.5.2: Basınç arttıkça gazların yoğunluğu artar, moleküller birbirine yaklaşır

Grafik 2.5.1'de de görüldüğü gibi gerçek gazların ideal gaz değerine yaklaşması ancak çok düşük basınçlarda geçerlidir. Basınç arttıkça gazların yoğunluğu artar, moleküller birbirine yaklaşır (Görsel 2.5.2). Molekül kütlesi arttıkça moleküller arası kuvvetler (zayıf etkileşimler) artar ve gaz ideallikten daha çok sapar.

Gerçek gazlarda sıcaklık düştüğünde moleküllerin ortalama kinetik enerjileri düşerken molekülün hareketi yavaşlar ve gaz molekülleri birbirine yaklaşır. Moleküller arası çekim kuvvetleri artar ve gazlar sıvılaşır.



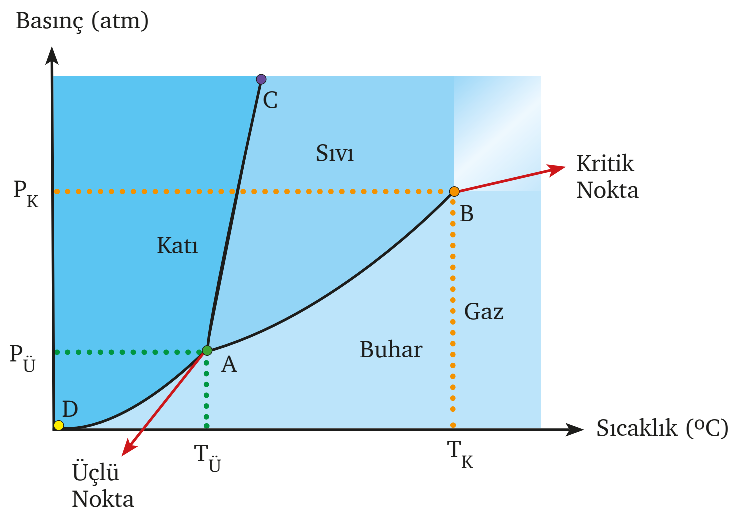
Grafik 2.5.2: Değişik sıcaklıklarda sabit miktardaki CH_4 (metan) gazının $\left(\frac{PV}{RT}\right)$ düşük sıcaklıklarda ideallikten sapması

Gazlar yüksek sıcaklıkta idealliğe yaklaşır, düşük sıcaklıkta ideallikten sapar (Grafik 2.5.2).

Faz Diyagramları

Maddenin bir hâlden diğer hâle geçmesine **faz geçişi** denir. Maddelerin farklı sıcaklık ve basınç koşullarında fiziksel durumlarını gösteren grafiklere **faz diyagramı** adı verilir. Faz diyagramlarında genellikle x ekseni üzerinde sıcaklık, y ekseni üzerinde basınç değeri yer alır. Faz diyagramında görülen çizgiler ve eğriler faz değişiminin gerçekleştiği sıcaklık-basınç değerlerini gösterir. Çizgilerin tam üstüne

gelen sıcaklık ve basınç değerleri ise maddenin iki hâlinin bir arada olduğunu ifade eder. Grafik 2.5.3'te faz diyagramına bir örnek verilmiştir.



Grafik 2.5.3: Faz diyagramı

A noktası maddenin üç hâlinin bir arada bulunduğu sıcaklık **(Tü)** ve basınç **(Pü)** noktasıdır, bu noktaya **üçlü nokta** denir. B noktası ise bir gazın basınç uygulanarak sıvılaştırılabileceği en yüksek sıcaklık noktasıdır ve **kritik sıcaklık (T_K)-basınç (P_K) noktası** olarak adlandırılır. Kritik nokta buhar-sıvı geçişinin sonlandığı noktadır. Bu sıcaklık-basınç değerinin üstünde madde, gaz hâlindedir.

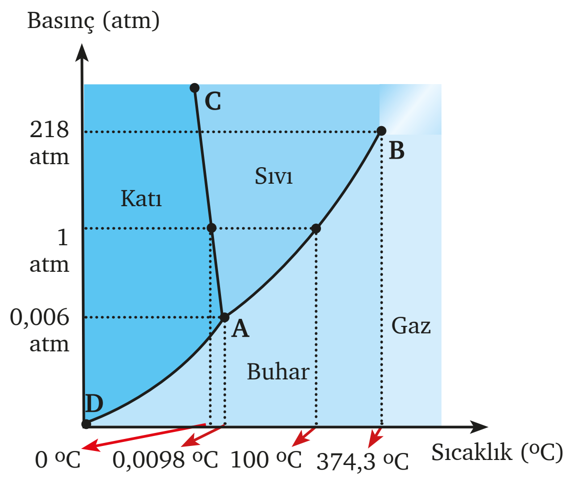
AB (buharlaşma-yoğuşma) eğrisi: Maddenin buhar hâlden sıvı hâle veya sıvı hâlden buhar hâle geçebileceği sıcaklık-basınç değerlerini gösterir.

AC (erime-donma) eğrisi: Maddenin sıvı hâlden katı hâle veya katı hâlden sıvı hâle geçebileceği sıcaklık basınç değerlerini gösterir.

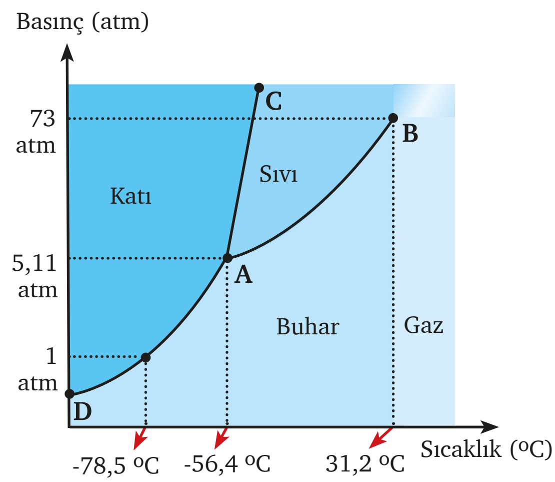
AD (süblimleşme-kırağılaşma) eğrisi: Maddenin buhar hâlden katı hâle veya katı hâlden buhar hâle geçebileceği sıcaklık-basınç değerlerini gösterir.

Suyun ve Karbon Dioksidin Faz Diyagramı

a)



b)



Grafik 2.5.4: a) H_2O için faz diyagramı, **b)** CO_2 için faz diyagramı



Görsel 2.5.3: Kuru buz 1 atm basınçta süblimleşir.

Grafik 2.5.4'teki CO_2 ve H_2O'un faz diyagramları incelendiğinde en büyük farkın AC çizgisinde olduğu görülür. CO_2'in faz diyagramında AC çizgisinin eğimi sıcaklık yönündedir. Suyun faz diyagramında ise AC çizgisinin eğimi basınç yönündedir. AC çizgisinin eğiminin yönündeki fark o maddenin sıcaklık ve basıncının erime ve donma noktasına etkisini ifade eder. Suyun faz diyagramından buzun basınçla sıvılaşabileceği anlaşılır. CO_2'in faz diyagramından ise kuru buzun basınçla sıvılaşamayacağı süblimleşeceği anlaşılır (Görsel 2.5.3).

Faz diyagramından anlaşılacağı gibi maddenin katı, sıvı veya gaz hâlde oluşu sıcaklık ve basınçla ilgilidir. Sıcaklık ve basınç koşullarına bakılarak maddenin fiziksel hâli belirlenir. Maddenin gaz hâlinin tam olarak belirlenmesi için de sıcaklık-basınç koşulları bilinmelidir. Çünkü sıvılar her sıcaklıkta buharlaşır. Bir sıvının buhar hâlini gaz olarak tanımlamak doğru değildir. Bir maddenin gaz olarak tanımlanabilmesi için bulunduğu sıcaklıkta hiçbir basınç altında sıvılaştırılamaması gerekir.

Gazlar yüksek sıcaklık ve düşük basınç değerlerinde ideale yaklaştıkları için gazın sıcaklığı ne kadar yüksek ise sıvılaşması için gereken basınç da o kadar yüksek olur. Ayrıca bazı sıcaklık değerlerinden sonra ne kadar basınç uygulanırsa uygulansın gazı sıvı hâle geçirmek mümkün değildir. Bu sıcaklık noktasına **kritik sıcaklık noktası** denir. Benzer şekilde bazı basınç değerlerinden sonra sıcaklık ne kadar düşürülürse düşürülsün madde gaz hâle geçirilemez. Bu basınç noktasına da **kritik basınç noktası** denir.

Bulunduğu sıcaklıkta basınçla sıvılaştırılabilen maddelere **buhar** denir. Örneğin oda sıcaklığında bulunan su buharı basınçla sıvı hâle getirilebilir. O hâlde oda sıcaklığında suyun buhar hâli vardır, gaz hâli yoktur. Suyun kritik sıcaklığı 374,3 ^oC'tur ve bu sıcaklık değerinin üstünde basınçla sıvılaştırılamadığı için su, gaz hâlde bulunur. Benzer şekilde CO_2'in kritik sıcaklığı da 31,2 ^oC'tur ve bu sıcaklık değerinin üstünde gaz hâlde bulunabilir. CO_2 standart koşullarda basınçla sıvılaşabileceği için buhar hâldedir. Fakat O_2'in kritik sıcaklığı -118,2 ^oC'tur ve bu değer standart koşullarda gaz hâlde bulunduğunu gösterir. Çünkü O_2'e oda sıcaklığında ne kadar basınç uygulanırsa uygulansın oksijen sıvı hâle getirilemez.

Joule-Thomson Olayı



Görsel 2.5.4: Van Çaldıran'da kış

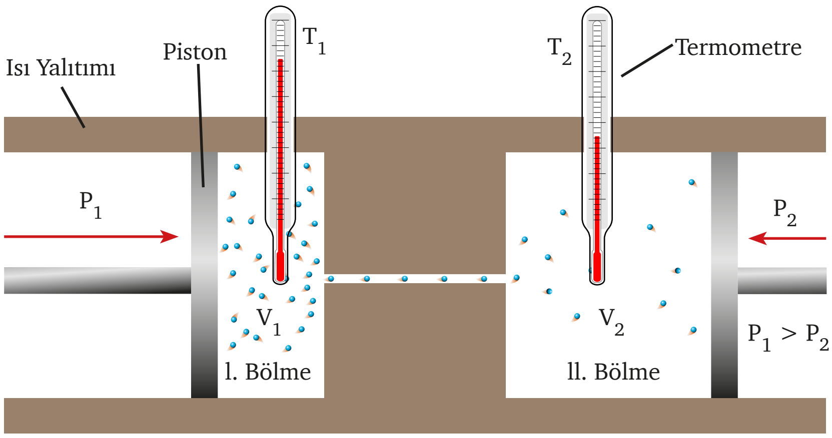
Meteoroloji bilgilerine göre Van ili Çaldıran ilçesinde (Görsel 2.5.4) 9 Ocak 1990 tarihinde ülkemizde görülen en düşük sıcaklık -46,4 °C olarak kaydedilmiştir. Kış ayında herhangi bir maddeyi soğutmak oldukça kolaydır.

Yaz aylarında herhangi bir madde soğutulmak istenirse ya da hava sıcaklığından daha düşük sıcaklıklara ulaşmak istenirse ne yapılmalıdır?

Gerçek gazlar yüksek basınç ve düşük sıcaklıkta sıvılaştırılabilir. Gazları sıvılaştırmanın diğer bir yolu da gaz moleküllerini bir yerden başka bir yere hareket ettirerek moleküllerin kinetik enerjilerini düşürmektir. Böylece mutlak sıcaklık da düşecektir.

$$E_K = \frac{3}{2}kT$$

James Joule (Ceyms Cuul) ve William Thomson (Vilyım Tamsın) bu konu hakkında çalışan ilk bilim insanlarıdır. Joule ve Thomson Görsel 2.5.5'tekine benzer bir düzenek kullanmışlardır.



Görsel 2.5.5: Joule-Thomson olayı

Bu düzenekte ısıca yalıtılmış bir kap, engelle iki bölmeye ayrılmıştır. Bölmeler arasında küçük bir delik bulunmaktadır. I. bölmedeki gaz yüksek basınçta sıkıştırılarak II. bölmeye geçirilmektedir. Gazın I. bölmeden II. bölmeye geri dönüşümsüz olarak geçmesi için I. bölmedeki gaz basıncının II. bölmedeki gaz basıncından yüksek olması gerekir. Her iki bölmedeki sıcaklıklar ölçüldüğünde gazın cinsine göre 3 durumla karşılaşılır:

1. II. bölmedeki sıcaklığın I. bölmedeki sıcaklıktan düşük olduğu durum ($T_2 < T_1$),
2. II. bölmedeki sıcaklığın I. bölmedeki sıcaklıktan yüksek olduğu durum ($T_2 > T_1$),
3. Her iki bölmedeki sıcaklığın eşit olduğu durum ($T_2 = T_1$).

Hızla genleştirilen gazların soğuma nedeni gazın kinetik enerjisi ile mutlak sıcaklığının doğru orantılı olmasıdır. Mutlak sıcaklık artırıldıkça gazın kinetik enerjisi artar. Aynı şekilde kinetik enerjiyi artıracak durumlar gazın sıcaklığını artırır. Kinetik enerjiyi düşürecek durumlar da gazın sıcaklığını azaltır. Bu nedenle genleşen gazlar genleşirken öz ısılarını kullandıkları için kinetik enerjileri azalır ve bulunduğu ortamı soğutur. Bu olaya James Joule ve William Thomson'ın anısına **Joule-Thomson olayı** veya **Joule-Thomson genleşmesi** denir. Joule-Thomson olayında genleşen gazın sıcaklık değişimi ne kadar az ise gaz ideale o kadar yakındır.

Joule-Thomson olayından yararlanılarak hava hızla genleştirilmiş, soğutulmuş, havadan oksijen ve azot gazı elde edilmiştir.



Görsel 2.5.6: Buzdolabı arkası

Joule-Thomson olayını daha iyi anlamak için pompanın çalışma sistemini incelemek gerekir. Pompa ile bisiklet tekerleği şişirilirken pompanın gaz çıkış vanası ısınır, bisikletin sibobu soğur. Çünkü sıkıştırılan gazlar ısınır, genişleyen gazlar ise bulundukları ortamı soğutur.

Gıda ve ilaç endüstrisinde düşük sıcaklıklara ulaşmak ve ortam sıcaklığını düşürmek oldukça önemlidir. Bu nedenle soğutucularda da Joule-Thomson olayından yararlanılır (Görsel 2.5.6). Ayrıca araçlarda ve evlerde kullanılan klimalar da bu olaydan yararlanılan mekanik sistemlerdir.

NELER KAZANILDI?

Aşağıdaki bilgi ve grafiklerden yararlanarak verilen soruları cevaplayınız.

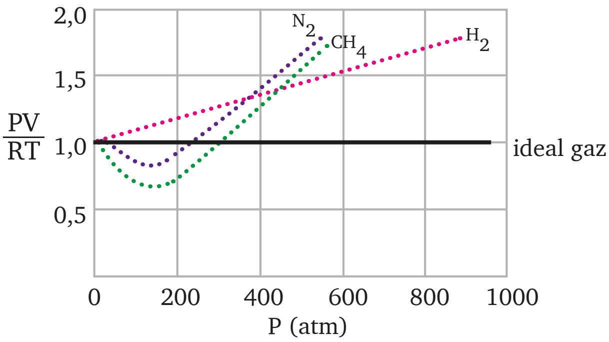
Doğada var olan maddeleri ve gerçekleşen olayları daha iyi anlamak için bilim insanları birçok araştırma ve deney yapmaktadırlar. Yaptıkları deneyler sonucunda bazen hesaplama kolaylığı sağlaması açısından çeşitli varsayımlarda bulunurlar. İdeal gaz varsayımı da bunlardan biridir. Gerçek gazların deneysel sonuçları ile ideal gaz varsayımından yararlanılarak yapılan hesaplama arasındaki fark her zaman aynı değildir. Bazı durumlarda bu fark çok küçük olduğu için ihmal edilir. Bazı durumlarda ise bu fark çok büyüktür ve gaz ideallikten oldukça uzaklaşır. Gaz $PV/RT=1$ değerine ne kadar yakınsa idealliğe de o kadar yakındır.

Gerçek gazların hangi durumlarda ideale yakın olduğunu araştıran Duru, ideal gazlar ve gerçek gazlarla ilgili araştırmalar yapıyor ve aşağıda verilen grafikleri inceliyor. Duru'nun grafikten çıkardığı sonuçlar şöyledir:

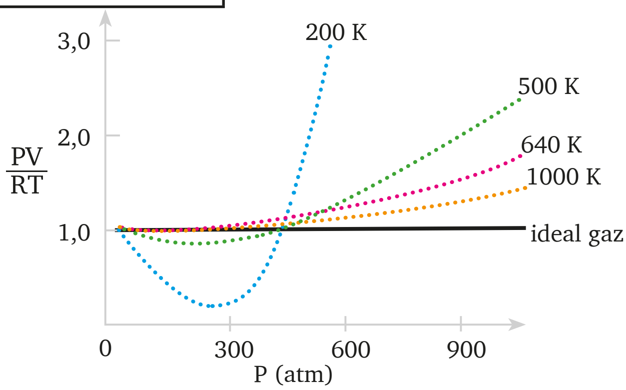
a) Farklı gaz moleküllerinin ideallikten sapma miktarı farklıdır. Çünkü apolar moleküllerde mol kütlesi arttıkça moleküller arasındaki çekim kuvveti de artar. Bu nedenle gazlarda ideallikten sapmanın daha çok olduğu gözlenir.

b) Yüksek basınç ve düşük sıcaklıkta gazlar ideal davranıştan uzaklaşır.

Molekül	Mol Kütlesi (g/mol)
H_2	2
N_2	28
CH_4	16



Farklı gazların ideallikten sapma eğilimleri



CH_4'ın sıcaklıkla ideallikten sapma eğilimi

1. Grafiklerde Duru'nun ulaştığı sonucu destekleyen nedir?

....

2. Duru sıcaklıklarına göre gazların idealliklerini karşılaştırdığında hangi sonucu elde eder?

....

ÜNİTEYİ BİTİRİRKEN

Aşağıdaki metinde boş bırakılan yerleri verilen uygun sözcüklerle doldurunuz. Verilen soruları cevaplayınız.

Maddenin gaz hâlinin katı ve sıvılardan farklı davranışlarını inceleyen teoriye (a)………….......…….. denir. Gazlar sürekli hareket eden taneciklerdir. Bu tanecikler hem birbirlerine hem de kabın yüzeyine çarparak kuvvet uygular. Bu kuvvete gazın (b)……………………… denir. Gazların hacmi bulundukları kabın (c)………......……… eşittir. Bütün gazların bir molleri 0 ^{o}C ve 1 atm basınçta yani(ç)……………. 22,4 litre hacim kaplar. Gazlarda sıcaklık birimi olarak genellikle (d)…....………. kullanılır. Gaz yasalarına uyan varsayımsal gazlara (e)………………… denir. (f)………...........……. doğada bulunur. Ancak gerçek gazlar (g)………………………. sıcaklık, (h)…....………….....…. basınçta ideale yaklaşır.

Gaz moleküllerinin aynı veya farklı gazlar içinde yayılmasına, (ı)……………………, çok küçük bir delikten boşluğa yayılmasına (i)………………. denir. Gerçek gazlara basınç uygulandığında taneciklerin hareketleri yavaşlayarak kinetik enerjileri düşer ve gazlar, (j)………………. hâle geçer. Maddelerin farklı sıcaklık ve basınç altında fiziksel durumlarını gösteren grafiklere (k)……………………….. denir. Kapalı bir kapta sıvısı ile dengede olan buhara sıvının(l)………………. denir. Bir gaz karışımında her gazın karışıma uyguladığı basınca (m)……………. denir.

- **gerçek gazlar**
- **faz diyagramı**
- **efüzyon**
- **normal şartlarda**
- **hacmine**
- **doygun buhar basıncı**
- **yüksek**
- **ideal gaz**
- **Kelvin**
- **kısmi basınç**
- **basıncı**
- **kinetik teori**
- **düşük**
- **difüzyon**
- **sıvı**

1. Gerçek gazlara örnek veriniz.

2. Kısmi basıncı etkileyen faktörler nelerdir?

3. Gaz moleküllerinin öz hacmi gazın idealliğe yaklaşmasını ya da uzaklaşmasını nasıl etkiler? Nedenleri ile birlikte açıklayınız.

4. Aşağıdaki tabloda verilen ifadeler ile verilen gaz yasalarını eşleştiriniz.

	İfadeler	Gaz Yasaları
I.	Belirli miktardaki sabit hacimli gazın basıncı sıcaklığı ile doğru orantılıdır.	a) Avogadro Yasası
II.	Sabit sıcaklıktaki sabit miktardaki gazın hacmi basıncıyla ters orantılıdır.	b) Charles Yasası
III.	Sabit basınçlı sistemde gaz hacmi mutlak sıcaklıkla doğru orantılıdır.	c) Boyle Yasası
IV.	Sabit basınçta ve sıcaklıkta gazın miktarı ile hacmi doğru orantılıdır.	ç) Gay-Lussac Yasası

Aşağıdaki tablodan yararlanarak 5-11 arasındaki soruları cevaplayınız.

Kritik sıcaklık	Üçlü nokta	Gerçek gaz
Charles Yasası	Difüzyon	İdeal gaz
Gay Lussac Yasası	Boyle Yasası	Avogadro Yasası
Efüzyon	Kritik basınç	Buhar

5. **Verilen maddelerin hangisi ya da hangileri ideal gaz denkleminin temelini oluşturur?**

6. Bazı sıcaklık değerlerinden sonra maddeye ne kadar basınç uygulanırsa uygulansın maddeyi sıvı hâle geçirmek mümkün değildir.

   Bu sıcaklık noktasına ne ad verilir?

7. Bazı basınç değerlerinden sonra maddenin sıcaklığı ne kadar düşürülürse düşürülsün madde gaz hâle geçirilemez.

   Bu basınç noktasının adı yukarıdakilerden hangisidir?

8. **Bulunduğu sıcaklıkta basınçla sıvılaştırılabilen maddelere ne ad verilir?**

9. **Gazların yayılması ile ilgili kavramlar yukarıdakilerden hangileridir? Bu kavramların birbirinden farkını belirtiniz.**

10. İdeal gaz denklemine göre PV/RT = 1 olmalıdır.

    Bu eşitlikten sapan gazlara ne ad verilir?

11. **Bütün fiziksel hâllerin aynı anda bulunduğu sıcaklık ve basınç noktasına ne ad verilir?**

12. **Aynı şartlar altında bulunan aşağıda verilen gaz çiftlerinden hangisi idealliğe daha yakındır?**

    ($_1H$, $_6C$, $_8O$, $_7N$)

    a) H_2-CH_4

    b) O_2-N_2

    c) CO_2-CH_4

13. Basınç, sıcaklık, mol sayısı, hacim gibi özellikler kullanılarak gazlar betimlenir. İdeal gaz denklemi PV = nRT, ideal gaz denkleminin özkütle ile ilişkisi $PM_A = dRT$ şeklindedir.

    Yukarıda verilen bilgiden yararlanarak aşağıdaki ifadenin doğru mu, yanlış mı olduğunu açıklayınız.

    Belirli miktardaki gazın sabit sıcaklıkta özkütlesi 3 katına çıkıncaya kadar hacmi küçültülürse birim hacimdeki tanecik sayısı 9 katına, basıncı 2 katına çıkar.

14. $HgO(k) + ısı \longrightarrow Hg(s) + 1/2O_2(g)$

    0,4 mol HgO katısının tamamı ısıtılarak ayrıştırılıyor. Oluşan O_2 gazı 27 ^oC'ta bir tüp içerisinde su üzerinde toplanıyor.

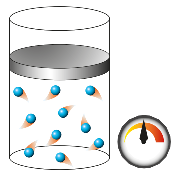
    Tüpteki gaz hacmi 8,2 litre ve suyun 27 °C'ta buhar basıncı 25 mmHg olduğuna göre tüpteki toplam basınç kaç mmHg olur?

15. Sabit hacimli bir kapta 0,4 gram H_2 gazı, normal şartlarda 6,72 L hacim kaplayan He gazı ve 8 gram CH_4 gazı bulunmaktadır.

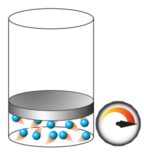
    Kaptaki toplam basınç 2 atm olduğuna göre CH_4 gazının kısmi basıncı kaç atm'dir?

    (H: 1 g/mol, He: 4 g/mol, C: 12 g/mol)

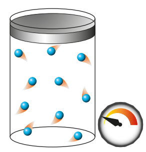
16. Aşağıda hareketli piston içerisinde T sıcaklığında, P basıncında ve V hacminde n mol gaz bulunmaktadır.



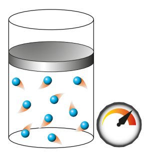
Pistonlu kaba bazı işlemler uygulanıyor. **Bu işlemler sonucunda kabın önceki durumu ve sonraki durumunu gösteren aşağıdaki görsellere bakarak ne gibi işlemler uygulandığını bulunuz.**



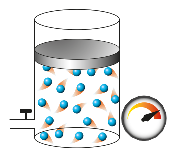
a)...............................



b)...............................



c)...............................



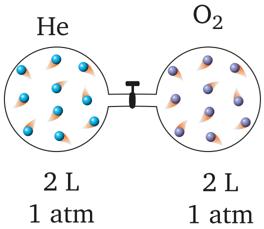
ç)...............................

17. Aşağıdaki görselde kaplar arasındaki musluk açılarak He ve O_2 gazları sabit sıcaklıkta karıştırılıyor.

a) Karışımın son basıncını bulunuz.

b) He ve O_2'in kısmi basınçlarını bulunuz.

c) He'un mol kesrini bulunuz.

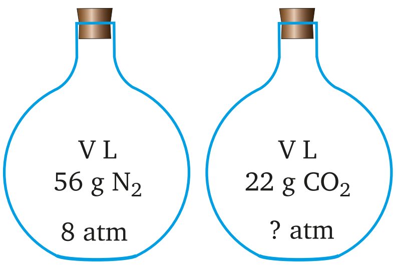


18. Belli sıcaklık ve basınçta 400 mL He gazı bulunduğu kaptaki delikten 6 saniyede dışarı çıkmaktadır.

Buna göre aynı koşullarda 800 mL SO_2 gazı aynı delikten kaç saniyede çıkar?
(He: 4 g/mol, SO_2: 64 g/mol)

19. 88 gram C_3H_8 gazının 10 L hacim kapladığı şartlarda 64 gram O_2 gazı kaç L hacim kaplar?
(H: 1 g/mol, C: 12 g/mol, O: 16 g/mol)

20.



I. kap II. kap

Aynı ortamda bulunan I. kaptaki 56 gram azot gazı 8 atmosfer basınç yapıyor.

II. kapta bulunan 22 gram karbon dioksit gazının basıncı kaç atmosferdir?
(C: 12 g/mol, N: 14 g/mol, O: 16 g/mol)

21. Aynı kapta bulunan CH_4, O_2 ve SO_2 gazları eşit kütlelidir.

Gazların kısmi basınçlarını küçükten büyüğe doğru sıralayınız.
(H: 1 g/mol, C: 12 g/mol, O: 16 g/mol, S: 32 g/mol)

22. 90 gram NO gazı alabilen bir kap, aynı şartlarda 240 gram XO_3 gazı alabildiğine göre X elementinin atom kütlesi nedir? (N: 14 g/mol, O: 16 g/mol)

23. 177 ^{o}C sıcaklıkta hacmi 3 litre olan gazın aynı basınçta sıcaklığı kaç ^{o}C'a çıkarılmalıdır ki hacmi 4 L olsun?

24. Remzi, tabloda verilen doğru veya yanlış türündeki ifadeleri aşağıdaki gibi işaretlemiştir.

	Bilgi	D	Y
I	Gaz moleküllerinin boşluğa yayılmasına efüzyon denir.		✓
II	Gerçek gazlar yüksek sıcaklık ve düşük basınçta ideale yaklaşır.	✓	
III	Farklı gazların aynı sıcaklıkta moleküllerinin ortalama kinetik enerjileri, birbirine eşit ve mutlak sıcaklıkla doğru orantılıdır.	✓	
IV	Aynı sıcaklıkta O_2 moleküllerinin yayılma hızı, SO_2 moleküllerinin yayılma hızının $\sqrt{2}$ katıdır. (O_2: 32 g/mol, SO_2: 64 g/mol)	✓	
V	1 atm 1 Torr basınca eşittir.	✓	

Buna göre Remzi hangisini ya da hangilerini yanlış işaretlemiştir?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve V

D) II, III ve IV E) I, III ve V

25. Bir gaz örneği, 4 mol karbon dioksit (CO_2), 1 mol oksijen (O_2) ve 5 mol azot (N_2) içermektedir.

Toplam basınç 1,5 atm ise gazların kısmi basınçları hangi seçenekte doğru verilmiştir?

	P_{CO_2}	P_{O_2}	P_{N_2}
A)	4 atm	1 atm	5 atm
B)	0,4 atm	0,1 atm	0,5 atm
C)	0,6 atm	0,15 atm	0,75 atm
D)	0,15 atm	0,6 atm	0,75 atm
E)	0,3 atm	0,15 atm	0,15 atm

26. 27 °C sıcaklıkta 9 litrelik kapta 4,1 atm basınç yapan CH_4 gazı kaç gramdır? (CH_4: 16 g/mol)

A) 996,3 B) 48 C) 27
D) 24 E) 1,5

27. Aşağıda verilenlerden hangisi gerçek gazların hâl değişimlerinin uygulama alanlarından biri değildir?

I. Soğutucular
II. Klimalar
III. Fırınlar

A) Yalnız II B) Yalnız III C) I ve II
D) II ve III E) I, II ve III

28. H_2 gazı aşağıda verilen şartlardan hangisinde ideallikten daha uzak olur?

A) 0 °C ve 1 atm basınçta
B) 0 °C ve 2 atm basınçta
C) 27 °C ve 1 atm basınçta
D) 300 K ve 2 atm basınçta
E) 100 K ve 2 atm basınçta

29. Bir miktar gazın sabit sıcaklıkta hacmi yarıya düşürülürse

I. Yoğunluk
II. Taneciklerin birim zamanda birim yüzeye yaptığı çarpma sayısı
III. Birim hacimdeki tanecik sayısı

niceliklerinden hangisi ya da hangileri 2 katına çıkar?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III
D) I ve II E) I, II ve III

30. Sabit hacimli kapalı bir kaptaki gazın sıcaklığı 100 K'den 300 K'e çıkarıldığında

I. Kinetik enerji
II. Basınç
III. Madde miktarı

yukarıda verilen niceliklerin hangisi ya da hangileri artar?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III
D) I ve II E) I, II ve III

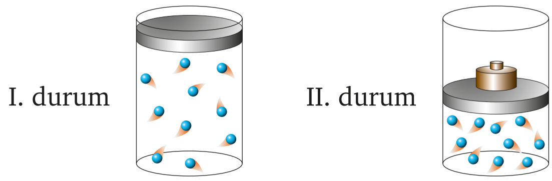
31. 273 °C sıcaklık ve 4 atm basınç altında 5 L hacim kaplayan C_2H_4 gazı normal şartlarda kaç L hacim kaplar?

A) 40 B) 20 C) 10
D) 2,5 E) 1,25

32. 27 °C sıcaklıktaki sabit miktardaki gazın sıcaklığı 127 °C'a çıkarılırken hacmi yarıya düşürülürse basıncı ne olur?

A) 4 katına yükselir.
B) 54P'den 127P'ye yükselir.
C) 8P'den 3P'ye düşer.
D) 3P'den 8P'ye yükselir.
E) Gazın basıncı değişmez.

33.

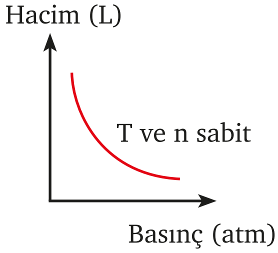


İdeal sürtünmesiz pistonlu 12 litrelik bir kapta bulunan gazın basıncı 2 atmosferdir. Piston kap hacmi 4 litre olana dek aşağı itildiğinde gazın basıncının 8 atmosfer ve sıcaklığının 127 °C olduğu gözleniyor. (Gazın ideal davrandığını kabul ediniz.)

Buna göre gazın ilk sıcaklığı kaç °C'tur?

A) 300 B) 200 C) 95,25
D) 27 E) 0

34.



Yukarıda belirli miktardaki ideal gazın sabit sıcaklıktaki basınç-hacim grafiği verilmiştir.

Grafikle ilgili

I. Basınç hacim çarpımı sabittir.
II. Düşük hacimde gazın basıncı yükselir.
III. Basınç arttıkça hacim artar.

ifadelerinden hangisi ya da hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III
D) I ve II E) I, II ve III

35. Aşağıda birbiri ile bağlantılı Doğru veya Yanlış şeklinde ifadeler içeren tanılayıcı dallanmış ağaç verilmiştir. İlk ifadeden başlayarak her doğru ya da yanlış cevabınıza göre çıkışlardan sadece birini işaretleyiniz.

H_2, N_2, O_2, He ve Ne gibi gazlar doğada bulunan gazlardır.

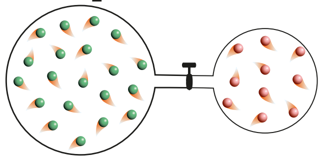
- Yanlış → Kapalı bir kapta 100 mL hacimde bulunan H_2 gazının sıcaklığı artarsa basıncı da artar.
  - Doğru → Sabit sıcaklıktaki sabit miktardaki gazın hacmi basıncı ile ters orantılıdır.
    - Yanlış → 1. çıkış
    - Doğru → 2. çıkış
  - Yanlış → Belli miktardaki sabit hacimli gazın basıncı ile sıcaklığı doğru orantılıdır.
    - Yanlış → 3. çıkış
    - Doğru → 4. çıkış
- Doğru → H_2, He, Ne gibi gazlar suda çok az çözündüğü için çözünmez kabul edilir ve su üzerinde toplanır.
  - Yanlış → Gaz karışımında tek bir gazın uyguladığı basınca kısmi basınç denir.
    - Yanlış → 5. çıkış
    - Doğru → 6. çıkış
  - Doğru → Gazların aynı veya farklı gazlar içinde yayılmasına efüzyon denir.
    - Yanlış → 7. çıkış
    - Doğru → 8. çıkış

36. Aşağıda birleştirilmiş kaplarla ilgili verilen soruları cevaplayınız.

I. kaptaki gazın mol sayısını bulunuz.

II. kaptaki gazın mol sayısını bulunuz.

I. kap O_2 — II. kap He



I. kap: 4L, 1 atm, 0 °C — II. kap: 2L, 2 atm, 0 °C

Kaplar arasındaki musluk açıldığında O_2 gazının kısmi basıncı kaç atm olur?

Kaplar arasındaki musluk açıldığında toplam basınç kaç atm olur?

3. ÜNİTE SIVI ÇÖZELTİLER VE ÇÖZÜNÜRLÜK

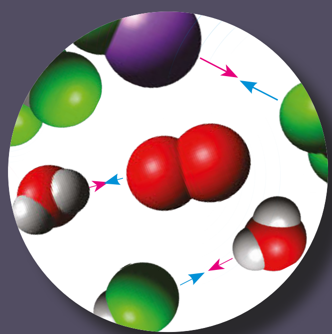




ANAHTAR KAVRAMLAR

* Çözünürlük
* Dipol-Dipol Etkileşimleri
* Dipol-İndüklenmiş Dipol Ekileşimleri
* Hidrojen Bağı
* İndüklenmiş Dipol-İndüklenmiş Dipol Etkileşimleri
* İyon-Dipol Etkileşimleri
* İyon-İndüklenmiş Dipol Etkileşimleri
* Molalite
* Molarite

BÖLÜMLER



ÇÖZÜCÜ-ÇÖZÜNEN ETKİLEŞİMLERİ



DERİŞİM BİRİMLERİ



KOLİGATİF ÖZELLİKLER



ÇÖZÜNÜRLÜK

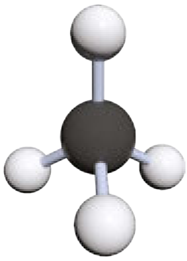


ÇÖZÜNÜRLÜĞE ETKİ EDEN FAKTÖRLER

ÜNİTEYE BAŞLARKEN

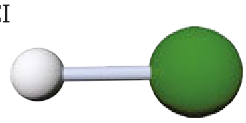
1. Aşağıda verilen kimyasal türlerin polar mı, apolar mı olduklarını yanlarına yazınız.

CH_4



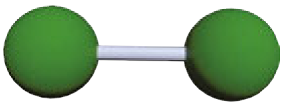
....

HCI



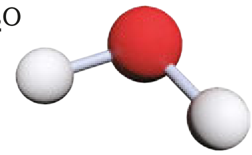
....

CI_2



....

H_2O



....

2. Aşağıda verilen maddelerin birbiri içinde çözünüp çözünmediklerini yazarak nedenini açıklayınız.

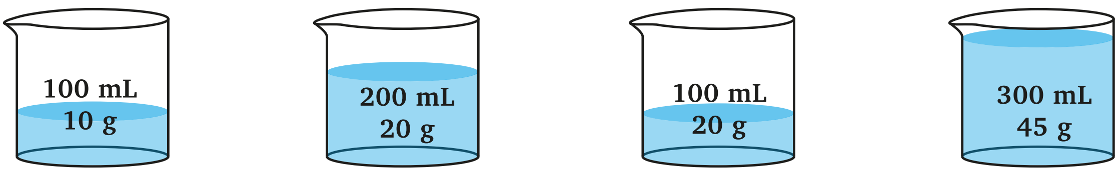
Aseton-oje ....

Yağ-benzin ....

Su-yağ ....

Su-plastik boya ....

3. Aşağıda verilen maddelerin kütlece yüzde derişimlerini büyükten küçüğe doğru sıralayınız.



I II III IV

....

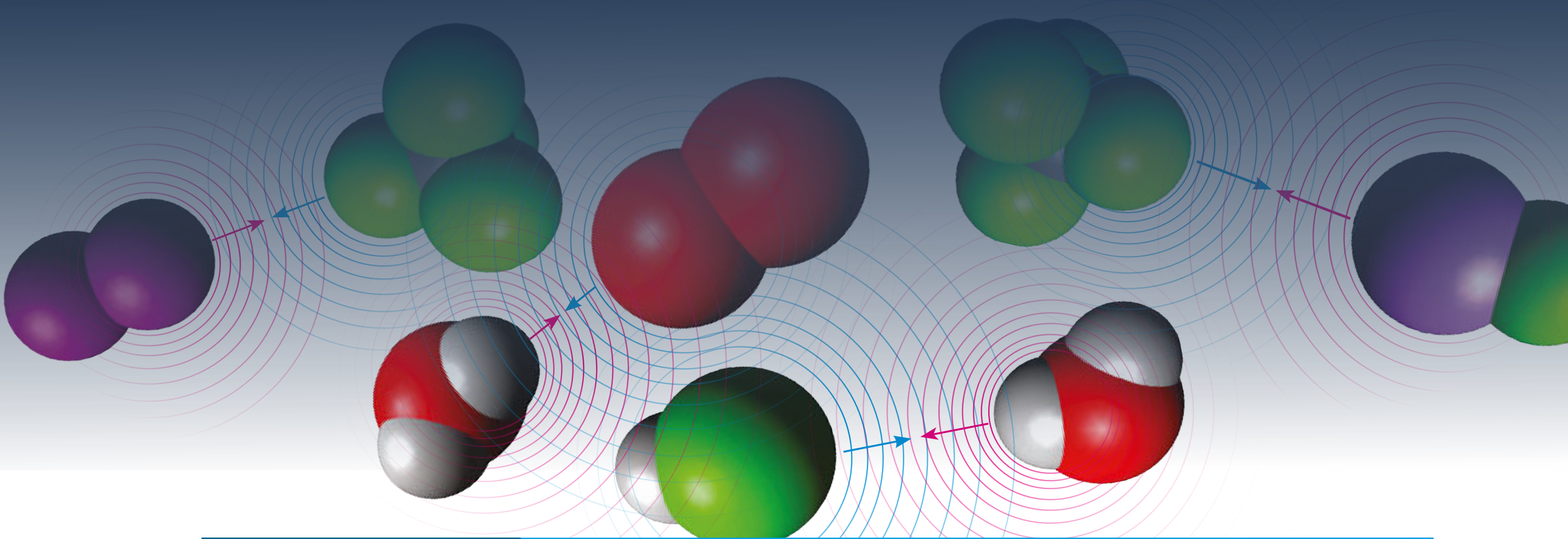
4. Ali ve Ayşe yağlı tabakları yıkamak için deterjanı sıcak suyla kullanmayı tercih etmişlerdir. Sıcak suyu kullanmalarının sebebi sizce ne olabilir?.

....

5. Buzdolabına koyduğumuz bal kristallenebilir. Nedenini ve kristallenmeyi yok etmek için neler yapılabileceğini araştırınız.

....

1. BÖLÜM: ÇÖZÜCÜ-ÇÖZÜNEN ETKİLEŞİMLERİ



NELER KAZANILACAK? **Kimyasal türler arası etkileşimler kullanılarak sıvı ortamdaki çözünme olayı açıklanacaktır.**

3.1.1. ÇÖZÜCÜ-ÇÖZÜNEN ETKİLEŞİMLERİ



Görsel 3.1.1: Denize açılmış yelkenli gemi

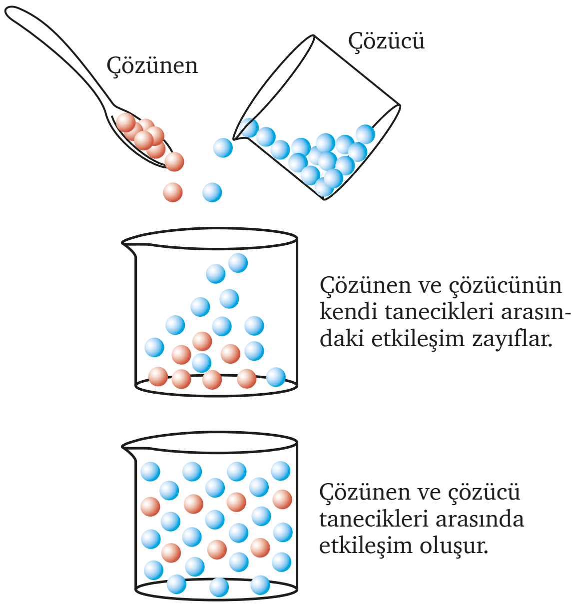
1700'lü yıllarda denize açılan yelkenli gemilerde (Görsel 3.1.1) görev yapan denizcilerin yakalandığı hastalıklardan biri de iskorbüt hastalığıydı. İskorbüt hastalığı C vitamini eksikliğinde oluşan hastalıktır. Vitaminler ve mineraller vücut tarafından az miktarda kullanılmasına rağmen vücudun işlevlerine katkıları büyüktür. B vitamini gibi bazı vitaminler polar olan suda çözünürken A, D, E ve K vitaminleri polar olmayan yağda çözünür. Vitaminlerin suda ve yağda farklı davranmalarının nedeni ne olabilir?

Çözeltiyi oluşturan bileşenlerden biri çözünen diğeri çözücüdür. Çözücünün fiziksel hâli (katı, sıvı, gaz) çözeltinin fiziksel hâlini de belirler. Çözücüsü sıvı olan çözeltilere **sıvı çözeltiler** denir.

Çözünen madde çözücü içinde dağıldığı zaman çözünme süreci başlar.

Çözünme süreci üç basamakta gerçekleşir (Görsel 3.1.2):

1. Çözünen tanecikleri arasında etkileşim zayıflar.
2. Çözücü tanecikleri arasındaki etkileşim zayıflar.
3. Çözücü ve çözünen molekülleri etkileşir. Etkileşimin şiddeti ne kadar fazla ise çözünme oranı da o kadar fazla olur.

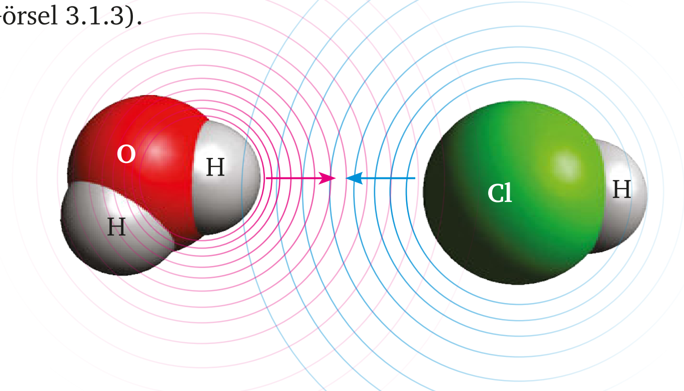


Görsel 3.1.2: Çözünme süreci

Maddelerin birbiri içinde çözünmesi veya çözünmemesi çözücü ve çözünenin yapısına, çözücü ve çözünenin etkileşimine ve etkileşimin kuvvetine bağlıdır.

Yapı olarak birbirine benzer türde veya moleküller arası etkileşim kuvveti birbirine yakın olan maddeler birbiri içinde çok çözünür. Maddelerin birbiri içinde çözünmesi "Benzer, benzeri çözer." ifadesi ile açıklanabildiği gibi "Polar maddeler polar çözücülerde, apolar maddeler apolar çözücülerde çözünür." şeklinde de açıklanabilir. "Benzer, benzeri çözer." ifadesinin nedeni aşağıdaki örneklerde gösterilmiştir.

Polar bir molekül olan HCl molekülleri dipol-dipol, polar bir çözücü olan H_2O molekülleri dipol-dipol ve hidrojen bağları ile bir arada tutulur. Bu iki sıvı birbiri ile karıştırıldığında **dipol-dipol etkileşimi** oluşur. Böylece polar bir molekül olan HCl, polar olan H_2O'da çözünür (Görsel 3.1.3).

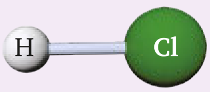


Görsel 3.1.3: H_2O ve HCl arasındaki dipol-dipol etkileşimi

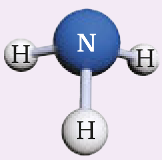
HATIRLAYINIZ

Molekülde polar kovalent bağ yoksa molekül apolardır. Molekülde polar kovalent bağ varsa moleküldeki elektron yoğunluğunun dengeli dağılıp dağılmadığına bakılır. Elektron yoğunluğu dengeli dağılmış ise molekül apolar, dengeli dağılmamış ise molekül polardır.

HCl moleküllerinde elektron yoğunluğunun fazla olduğu klor tarafı kalıcı negatif, elektron yoğunluğunun daha az olduğu hidrojen tarafları da kalıcı pozitif yükle yüklenir. HCl molekülü polar bir moleküldür.

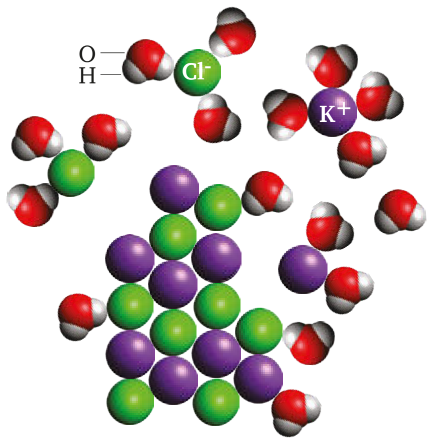


NH_3 moleküllerinde azot tarafı kalıcı negatif, elektron yoğunluğunun daha az olduğu hidrojen tarafları da kalıcı pozitif yükle yüklenir. Molekülde kutup oluştuğu için molekül polardır.

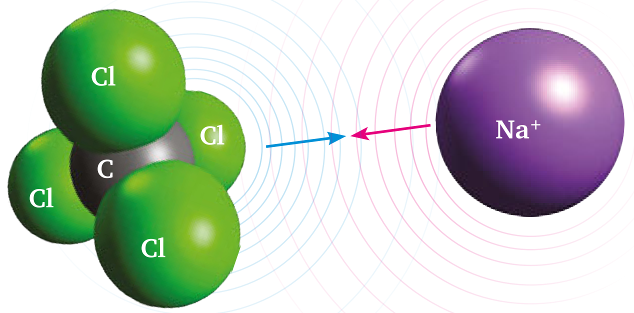


KCl bileşiği iyonik bağ, H_2O molekülleri hidrojen bağları ve dipol-dipol etkileşimleri ile bir arada tutulur. KCl su ile karıştırıldığında K^+ve Cl^- iyonlarına ayrışır. Bu iyonlar polar su molekülleri tarafından çevrelenir. Gerçekleşen **iyon-dipol etkileşimi** ile KCl su içinde çözünür (Görsel 3.1.4).

İyonik bileşik olan NaCl bileşiği apolar bir çözücü ile etkileşirse **iyon-indüklenmiş dipol etkileşimi** gerçekleşir (Görsel 3.1.5). CCl_4 gibi apolar olan moleküllerde sadece indüklenmiş dipoller bulunur. CCl_4 ve NaCl karıştığında iyon-indüklenmiş dipol etkileşimi gerçekleşir. İyon-indüklenmiş dipol etkileşimi çok zayıf olduğundan NaCl gibi maddelerin CCl_4 gibi çözücülerde çözünürlüğü yok denecek kadar az olur. Bu nedenle NaCl apolar çözücülerde çözünmez kabul edilir.

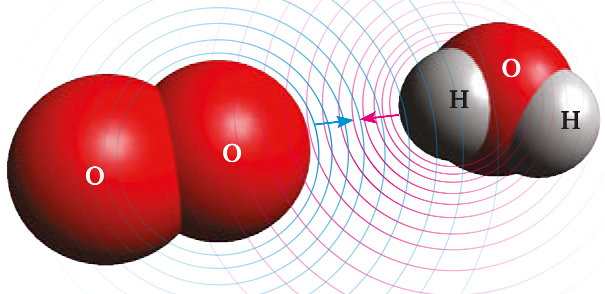


Görsel 3.1.4: İyon-dipol etkileşimi



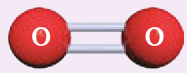
Görsel 3.1.5: CCl_4 ve Na^+ arasındaki iyon-indüklenmiş dipol etkileşimi

Apolar O_2 molekülleri London (indüklenmiş dipol-indüklenmiş dipol) etkileşimleri ile bir arada bulunur. Polar H_2O molekülleri hidrojen bağları ve dipol-dipol etkileşimleri ile bir arada tutulur. Su molekülleri arasındaki çekim kuvveti su ve O_2 molekülleri arasındaki çekim kuvvetinden daha büyüktür. Bu nedenle apolar O_2 ile polar H_2O karıştırıldığında aralarında **dipol-indüklenmiş dipol etkileşimi** gerçekleşir (Görsel 3.1.6). Dipol-indüklenmiş dipol etkileşimi zayıf olduğundan apolar moleküller polar çözücülerde az çözünür. Dipol-indüklenmiş dipol etkileşimi sayesinde deniz ve göllerde O_2 suda az da olsa çözünür. Böylece suda canlıların yaşaması için uygun ortam sağlanır. Ancak sıcaklık, basınç gibi şartlar çözünürlüğü değiştirilebilir.



Görsel 3.1.6: O_2 ve H_2O arasındaki dipol-indüklenmiş dipol etkileşimi

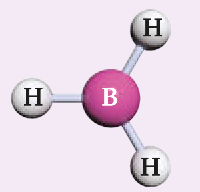
HATIRLAYINIZ



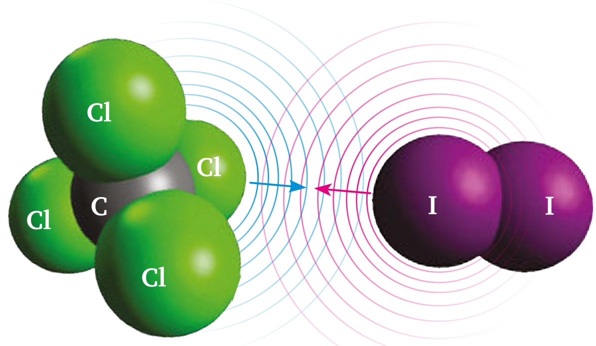
O_2 molekülünde polar kovalent bağ bulunmadığı için O_2 molekülü apolar moleküldür.

Moleküldeki elektron yoğunluğu dengeli dağıldığından molekül apolardır.

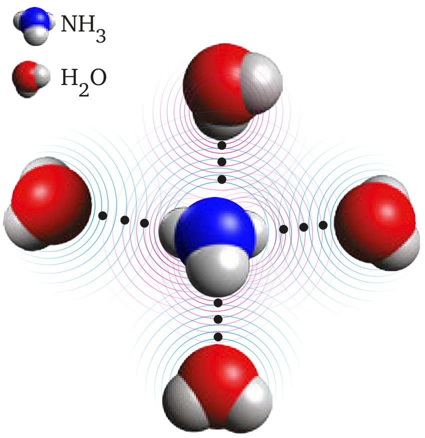
BH_3 molekülünde atomlar arasındaki bağlar polardır. Ancak moleküldeki elektron yoğunluğu dengeli dağıldığı için molekül apolar olur.



Apolar I_2 molekülleri ve apolar CCl_4 moleküllerinde indüklenmiş dipol-indüklenmiş dipol etkileşimi bulunur (Görsel 3.1.7). Her iki molekülün etkileşim türü ve çekim kuvveti birbirine çok yakındır. Böylece iki madde karıştırıldığında oluşan **indüklenmiş dipol-indüklenmiş dipol etkileşimi (London kuvvetleri)** apolar moleküllerin birbiri içinde çözünmesini sağlar.



Görsel 3.1.7: CCl_4 ve I_2 arasındaki indüklenmiş dipol-indüklenmiş dipol etkileşimi



Görsel 3.1.8: NH_3 ve H_2O molekülleri arasında hidrojen bağı

Polar NH_3 molekülleri ve H_2O moleküllerinin her ikisinde de hidrojen bağı ve dipol-dipol etkileşimi bulunur (Görsel 3.1.8). Karıştırılan sıvı molekülleri arasında da **hidrojen bağları** oluştuğu için NH_3 ve H_2O molekülleri birbiri içinde çözünür. Hidrojen bağları bu iki molekül arasındaki en etkin çekim kuvvetidir. Molekülleri arasında hidrojen bağı bulunan moleküller birbiri içinde daha çok çözünür.

NELER KAZANILDI?

1. Aşağıda bazı kimyasal tür çiftleri verilmiştir. Bu çiftler arasındaki etkileşimleri belirleyerek çiftlerin birbiri içinde çözünüp çözünmeyeceklerini yazınız.

Kimyasal Tür Çifti	Etkileşim Türü	Çözünür veya Çözünmez
KF-H_2O		
CCl_4-I_2		
CH_3OH-H_2O		
Ne-H_2O		

2. Ayşe, kazağındaki yağ lekesini çıkarmak için okul laboratuvarındaki kimyasallardan yararlanmak istiyor. Bu amaçla öğretmeninden izin istiyor. Öğretmen, Ayşe'ye kazağını temizlemek için gereken maddeleri ve bu maddeler ile yağ lekesi arasında nasıl bir etkileşim olduğunu bilmesi hâlinde kendisine izin vereceğini söylüyor.

Ayşe, kazağındaki yağ lekesini çıkarmayı başardığına göre öğretmenine hangi cevapları vermiştir?

....

....

....

....

....

2. BÖLÜM: DERİŞİM BİRİMLERİ



NELER KAZANILACAK? Çözünen madde miktarı ile farklı derişim birimleri ilişkilendirilirken

Derişim birimleri olarak molarite ve molalite tanıtılacaktır (Normalite ve formalite tanımlarına girilmeyecektir.).

3.2.1. ÇÖZÜNEN MADDE MİKTARI VE DERİŞİM BİRİMLERİ

Kimyasal maddelerin çoğu genellikle çözeltileri hazırlanarak kullanılır (Görsel 3.2.1). İlaçlar çoğunlukla suda çözünerek hazırlanır. Temizlik ve hijyen amacıyla kullanılan çamaşır suyu, amonyak ve sirke çözeltidir. Çözeltide çözünen madde miktarının bilinmesi ve gereken miktarda çözelti hazırlanması istenmeyen sonuçlarla karşılaşılmasını pek çok alanda engelleyebilir. Örneğin fabrikada kullanılacak bir çözeltide çözünen miktarının az veya çok olması maddi kayıplara neden olabilir. Benzer şekilde ilaçta kullanılan çözünen miktarının yanlış hesaplanması da ciddi sağlık sorunlarına neden olabilir. Çözeltideki çözünenin hatalı hesaplanması istenmeyen sonuçlara yol açabilir.

Belirli miktar çözücüdeki çözünen madde miktarına **derişim** veya **konsantrasyon** denir. Farklı derişim birimleri vardır. Derişim birimi olarak en çok kullanılanlar **molarite** ve **molalite**dir.



Görsel 3.2.1: Hazırlanmış çözelti

MOLARİTE

1 litre çözeltide çözünmüş maddenin mol sayısına **molarite** denir. Molarite "M" ile gösterilir. "Molar" olarak da ifade edilebilir. Molaritenin birimi mol/L'dir. mol/L yerine molar (M) da kullanılabilir.

$$M = \frac{\text{çözünen maddenin mol sayısı}}{\text{çözeltinin hacmi}} \qquad M = \frac{n}{V}$$

1 M = 1 mol / L ($mol.L^{-1}$)

1 M'lık çözelti, 1 litre çözeltide 1 mol madde çözündüğünü,
2 M'lık çözelti, 1 litre çözeltide 2 mol madde çözündüğünü,
n M'lık çözelti, 1 litre çözeltide n mol madde çözündüğünü belirtir.

MOLALİTE

1 kilogram (1000 g) çözücüde çözünmüş maddenin mol sayısına **molalite** denir. Molalite “m” ile gösterilir. Molalitenin birimi mol/kg’dır. Birim kısaltılarak “molal” olarak da belirtilebilir.

$$m = \frac{\text{çözünen maddenin mol sayısı}}{\text{çözücünün kütlesi}}$$

1 m= 1 mol/kg (mol.kg^{-1})
1 molallik çözelti 1 kg çözücüde 1 mol madde çözündüğünü,
2 molallik çözelti 1 kg çözücüde 2 mol madde çözündüğünü,
n molallik çözelti 1 kg çözücüde n mol madde çözündüğünü belirtir.

NELER KAZANILACAK? **Farklı derişimlerde çözeltiler hazırlanırken**

Derişimle ilgili hesaplamalar yapılarak hesaplamalarda molarite ve molalite yanında kütlece yüzde, hacimce yüzde, mol kesri ve ppm kavramları kullanılacaktır.

3.2.2. FARKLI DERİŞİMLERDE ÇÖZELTİ HAZIRLANMASI



Görsel 3.2.2: Çözelti hazırlanması

İstenen derişimde çözelti hazırlamak için aşağıda belirtilen adımların izlenmesi gerekir.

- Çözünecek katı madde hassas olarak tartılır.
- Tartılan madde ölçülü cam balon joje içerisine aktarılır.
- Balon jojeye katı maddeyi çözmek için bir miktar su ilave edilerek dikkatlice çalkalanır.
- Katı maddenin tamamı çözündükten sonra balon jojenin ölçü çizgisine kadar su ilave edilir (Görsel 3.2.2).
- Balon jojenin ağzı kapatılarak çözelti etiketlenir.

Çözelti hazırlarken kullanılacak çözünen ve çözücü miktarları derişimle ilgili hesaplamalarla bulunabilir.

DERİŞİMLE İLGİLİ HESAPLAMALAR

Derişimi ve hacmi verilen bir çözeltideki çözünen madde miktarı mol veya kütle olarak hesaplanabilir.

Molarite Hesaplamaları

ÖRNEK VE ÇÖZÜM

Örnek

1. 2 M 500 mL NaOH'in sulu çözeltisini hazırlamak için kaç gram NaOH gerekir?
(NaOH: 40 g/mol)

Çözüm

1. V=500 mL = 0,5 L

$$M = \frac{n_{NaOH}}{V}$$

$$2 = \frac{n}{0,5}$$

$$n = \frac{m_{NaOH}}{M_A}$$

$$1 = \frac{m}{40}$$

$$m = 40\,g$$

40 gram NaOH üzerine su ilave edilerek NaOH'in çözünmesi sağlanır. Daha sonra çözeltinin hacmi su ile 500 mL'ye tamamlanır.

Örnek

2. 117 gram NaCl ile hazırlanan 4 molarlık sulu çözeltinin hacmi kaç mL'dir?
(NaCl: 58,5 g/mol)

Çözüm

2.

$$n = \frac{m_{NaCl}}{M_A}$$

$$n = \frac{117}{58,5} \Longrightarrow n_{NaCl} = 2\,mol$$

$$M = \frac{n_{NaCl}}{V} \qquad 4 = \frac{2}{V} \qquad V = 0,5\,L = 500\,mL$$

Derişik bir çözeltiyi seyreltik hâle getirebilmek için
- Çözücü ilave edilebilir,
- Çözünen madde çöktürülerek uzaklaştırılabilir.

Seyreltik bir çözeltiyi derişik hâle getirebilmek için
- Çözücü buharlaştırılabilir,
- Çözünen madde ilave edilebilir (Görsel 3.2.3).

Derişimi bilinen çözeltiyi seyreltik veya derişik hâle getirmek için aşağıdaki eşitlik kullanılır.

$$M_1V_1 = M_2V_2$$

M_1 = 1. çözeltinin molaritesi
V_1 = 1. çözeltinin hacmi
M_2 = 2. çözeltinin molaritesi
V_2 = 2. çözeltinin hacmi



Görsel 3.2.3: Seyreltik bir çözeltinin deriştirilmesi

ÖRNEK VE ÇÖZÜM

Örnek

1. 3 molarlık 600 mL KOH çözeltisine aşağıdaki işlemler ayrı ayrı uygulanıyor.

a) Çözeltinin1/3'ü buharlaştırılırsa oluşan çözelti kaç molar olur?

b) Çözeltinin 2 molarlık olması için kaç mL su eklenmelidir?

c) Çözeltinin hacmi iki katına çıkarılırsa yeni çözeltinin molaritesi ne olur?

Çözüm

1.

a) 600 mL'lik KOH çözeltisinin 1/3'ü buharlaştığına göre

$600 \cdot 1/3 = 200$ mL su buharlaşır.

$V_2 = 600 - 200 = 400$ mL

$M_1V_1 = M_2V_2$

$3 \cdot 600 = M_2 \cdot 400 \Rightarrow M_2 = 4,5$ M olur.

b) $M_1V_1 = M_2V_2$

$3 \cdot 600 = 2 \cdot V_2 \Rightarrow V_2 = 900$ mL

$900 - 600 = 300$ mL su eklenmelidir.

c) $M_1V_1 = M_2V_2$

$3 \cdot 600 = M_2 \cdot 1200 \Rightarrow M_2 = 1,5$ M olur.

NOT: İşlem yapmadan da hacim 2 katına çıkınca molarite yarıya ineceğinden 1,5 sonucu bulunabilir.

Farklı hacim ve derişimlerdeki aynı tür çözeltiler karıştırıldığında oluşan yeni çözeltinin hacmi veya molaritesi aşağıdaki eşitlik ile bulunabilir.

$$M_1V_1 + M_2V_2 + M_3V_3 + ... = M_{son}V_{son}$$

M_{son} = karıştırıldıktan sonra elde edilen çözeltinin molaritesi

V_{son} = karıştırıldıktan sonra elde edilen çözeltinin hacmi

ÖRNEK VE ÇÖZÜM

Örnek

1. 2 molarlık 250 mL KCl çözeltisi ile 4 molarlık 750 mL KCl çözeltisi karıştırılıyor. Oluşan yeni çözeltinin molaritesini bulunuz?

Çözüm

1. $M_1V_1 + M_2V_2 = M_{son}V_{son}$

$V_{son} = 250 + 750 = 1000$ mL

$2.250 + 4 \cdot 750 = M_{son}1000$

$M_{son} = 3,5$ M

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. 3 M 200 mL KOH çözeltisi hazırlamak için kaç gram KOH gerekir?

(KOH: 56 g/mol)

2. 34,2 gram $C_{12}H_{22}O_{11}$ ile hazırlanan 2 molarlık çözeltinin hacmi kaç mL'dir?

($C_{12}H_{22}O_{11}$: 342 g/mol)

3. 5 molarlık 600 mL NaOH çözeltisine aşağıdaki işlemler ayrı ayrı uygulanıyor.

a) Çözeltinin yarısı buharlaştırılırsa yeni molaritesi ne olur?

b) Çözeltinin derişiminin 1 molar olması için kaç mL su eklenmelidir?

c) Çözelti hacminin 1/6'sı buharlaştırılırsa yeni çözeltinin molaritesi ne olur?

4. 0,4 molarlık 250 mL tuz çözeltisi ile 0,2 molarlık 250 mL tuz çözeltisi karıştırılıyor. Karışımın molaritesini bulunuz.

Molalite Hesaplamaları

Çözeltiler farklı derişim birimlerinde hazırlanabilir. Seçilen derişim birimleri deneyin amacına ve şartlara göre değişebilir. Örneğin hacim ölçümü yapılmadan çözelti hazırlanmak istenirse derişim birimi olarak molalite tercih edilebilir.

Molarite ile molalite arasında iki önemli fark bulunur. Molalitede çözelti yerine çözücü, hacim yerine kütle kullanılır.

ÖRNEK VE ÇÖZÜM

Örnek

1. 2000 gram suda 248 gram Na_2SO_4 çözülerek hazırlanan çözeltinin molalitesini bulunuz.

(Na_2SO_4: 142 g/mol)

Çözüm

1. $n_{Na_2SO_4} = \frac{m}{M_A} \Longrightarrow n = \frac{248}{142} \Longrightarrow n = 2\,mol$

2000 g = 2 kg

$m = \frac{n}{m_{Çözücü}} \Longrightarrow m = \frac{2}{2} \Longrightarrow m = 1\,molal$

Örnek

2. 90 gram $C_6H_{12}O_6$ ile hazırlanan 2 molallik çözelti için kullanılan çözücü miktarı kaç gramdır?

($C_6H_{12}O_6$: 180 g/mol)

Çözüm

2. $n_{C_6H_{12}O_6} = \frac{m_{C_6H_{12}O_6}}{M_A} \Longrightarrow n_{C_6H_{12}O_6} = \frac{90}{180} \Longrightarrow n_{C_6H_{12}O_6} = 0,5\,mol$

$2 = \frac{0,5}{m_{Çözücü}} \Longrightarrow m_{çözücü} = \frac{0,5}{2} \Longrightarrow m = 0,25\,kg$ ya da

m = 250 g'dır.500 g = 0,5 kg

Örnek

3. 500 gram su ile 0,2 molal $CaSO_4$ çözeltisi hazırlamak için gereken $CaSO_4$ kütlesi kaç gramdır?

($CaSO_4$: 136 g/mol)

Çözüm

3. $m_{CaSO_4} = \frac{n_{CaSO_4}}{m_{çözücü}} \Longrightarrow 0,2 = \frac{n_{CaSO_4}}{0,5}$ $\quad n_{CaSO_4} = 0,1\,mol$

$0,1 = \frac{m}{136} \Longrightarrow m = 13,6\,g\,CaSO_4$ gerekir.

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. 500 gram suda 10,1 gram KNO_3 çözülerek hazırlanan çözeltinin molalitesini bulunuz.

   (KNO_3: 101 g/mol)

2. 3,7 gram $Ca(OH)_2$ ile hazırlanan 0,5 molallik çözelti için kullanılan çözücü miktarı kaç gramdır? ($Ca(OH)_2$: 74 g/mol)

Kütlece Yüzde (%) Derişim Hesaplamaları

Çözeltinin 100 gramında çözünen maddenin gram cinsinden miktarına **kütlece yüzde derişim** denir.

$$\text{Kütlece yüzde (\%) derişim} = \frac{\text{çözünenin kütlesi}}{\text{çözeltinin kütlesi}} \cdot 100$$

ÖRNEK VE ÇÖZÜM

Örnek

1. Kütlece %35'lik 400 gram şeker çözeltisi hazırlamak için kaç gram şeker kullanılmalıdır?

Çözüm

1. $\text{Kütlece \%} = \dfrac{m_{çözünen}}{m_{çözelti}} \cdot 100$

$35 = \dfrac{m_{şeker}}{400} \cdot 100$

$m_{şeker} = 140$ g kullanılmalıdır.

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. 1260 gram suda 140 gram tuz çözülürse çözeltideki tuzun kütlece % derişimi kaç olur?

ÖRNEK VE ÇÖZÜM

Örnek

1. 2 mol NaOH'in 320 gram suda çözünmesiyle oluşan çözelti kütlece % kaçlıktır? (NaOH: 40 g/mol)

Çözüm

1. $n = \dfrac{m}{M_A}$

$2 = \dfrac{m}{40} = 80 \text{ g NaOH}$

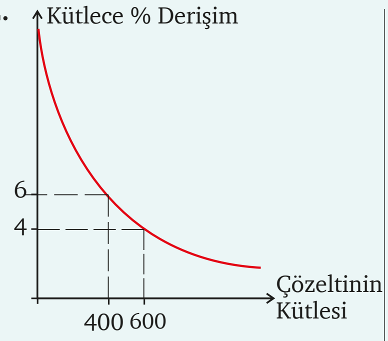
$80 \text{ g NaOH} + 320 \text{ g su} = 400 \text{ g çözelti}$

$\text{kütlece \%} = \dfrac{m_{çözünen}}{m_{çözelti}} \cdot 100$

$\text{kütlece \%} = \dfrac{80}{400} \cdot 100 \qquad \text{kütlece \%} = 20$

Oluşan çözelti kütlece %20'lik derişime sahiptir.

2.



Yukarıdaki grafik bir tuzun sulu çözeltisinin kütlece % derişimi ile çözelti kütlesi arasındaki değişimi göstermektedir. Çözelti derişimi %20 olduğu zaman çözelti kütlesi kaç gram olur?

I. YOL

$$\text{Kütlece \%} = \frac{m_{çözünen}}{m_{çözelti}} \cdot 100 \qquad 6 = \frac{m_{çözünen}}{400} \cdot 100$$

$$m_{çözünen} = 24 \text{ gram}$$

$$\text{Kütlece \%} = \frac{m_{çözünen}}{m_{çözelti}} \cdot 100 \qquad 20 = \frac{24}{m_{çözelti}} \cdot 100$$

$$m_{çözelti} = 120 \text{ g olur.}$$

II. YOL

Y = % derişimi

$$m_1 Y_1 = m_2 Y_2$$
$$400 \cdot 6 = m_2 \cdot 20$$
$$m_2 = 120 \text{ g çözelti}$$

3. Kütlece %40'lık şeker çözeltisi elde etmek için 32 gram şekerin kaç gram suda çözünmesi gerekir?

3. $$\text{Kütlece \%} = \frac{m_{çözünen}}{m_{çözelti}} \cdot 100$$

$$40 = \frac{32}{32 + m_{su}} \cdot 100 \qquad 32 + m_{su} = 80$$

$$m_{su} = 80 - 32$$

$$40 \cdot (32 + m_{su}) = 3200$$

$$m_{su} = 48 \text{ g su gerekir.}$$

Kütlesi ve kütlece yüzde derişimi bilinen iki veya daha fazla çözelti karıştırıldığında oluşan yeni çözeltinin kütlece yüzdesi aşağıdaki eşitlikle bulunabilir.

$$m_1 \cdot Y_1 + m_2 \cdot Y_2 + m_3 \cdot Y_3 + ... = m_{son} \cdot Y_{son}$$

ÖRNEK VE ÇÖZÜM

Örnek

1. Kütlece %30'luk 200 gram tuz çözeltisi ile kütlece %50'lik 300 gram tuz çözeltisi karıştırıldığında elde edilen karışımın kütlece % derişimini hesaplayınız.

Çözüm

I. YOL

$$m_1 \cdot Y_1 + m_2 \cdot Y_2 = m_{son} \cdot Y_{son}$$

$$200 \cdot 30 + 300 \cdot 50 = 500 \cdot Y_{son}$$

$$6000 + 15000 = 500 \cdot Y_{son}$$

$$21000 = 500 \cdot Y_{son}$$

$$Y_{son} = 42 \qquad \%42 \text{ olur.}$$

II. YOL

100 gram çözeltide — 30 g tuz
200 g çözeltide — X
X = 60 g tuz

100 gram çözeltide — 50 g tuz
300 g çözeltide — X
X = 150 g tuz

60 + 150 = 210 g tuz
200 + 300 = 500 g çözelti

$$\text{Kütlece \%} = \frac{210}{500} \cdot 100$$

Kütlece % = 42 %42 olur

$m_1.Y_1 + m_2.Y_2 + m_3.Y_3 + ... = m_{son}.Y_{son}$ formülünde çözeltiye saf çözünen eklenirse çözünen derişimi %100, çözeltiye saf çözücü eklenirse çözücü derişimi %0 alınır.

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. Kütlece %30'luk 80 gram NaCl çözeltisine 20 gram NaCl katısı ilave edildiğinde oluşan yeni çözeltinin kütlece % derişimi kaç olur?

Bir çözeltinin kütlece yüzde derişimi, yoğunluğu ve çözünenin molekül ağırlığı biliniyorsa molaritesi aşağıdaki eşitlikle bulunabilir.

$$M = \frac{d\,Y\,10}{M_A}$$

M = molarite (mol/L)
d = öz kütle (g/mL)
Y = çözeltinin kütlece yüzde derişimi
M_A = çözünenin molekül ağırlığı (g/mol)

ÖRNEK VE ÇÖZÜM

Örnek

1. Öz kütlesi 1,2 g/mL olan kütlece %6,3'lük HNO_3 çözeltisinin molaritesini hesaplayınız. (HNO_3: 63 g/mol)

Çözüm

1. $M = \frac{dY10}{M_A} \Longrightarrow M = \frac{1,2 \cdot 6,3 \cdot 10}{63} \Longrightarrow M = 1,2M$

Hacimce Yüzde (%) Derişim Hesaplamaları

Sıvı-sıvı karışımlar için derişim birimi olarak genellikle **hacimce yüzde derişim** kullanılır, birimi yoktur.

$$\text{Hacimce yüzde derişim} = \frac{\text{çözünenin hacmi}}{\text{çözeltinin hacmi}} \cdot 100$$

ÖRNEK VE ÇÖZÜM

Örnek

1. Hacimce %70'lik etil alkol içeren kolonya elde etmek için aynı sıcaklıkta 140 mL etil alkole kaç mL su eklenmelidir? (Hesaplamalarda hacim değişimi ihmal edilecektir.)

2. Hacimce %5'lik 1000 mL etil alkolün sulu çözeltisi nasıl hazırlanır?

Çözüm

1. $\text{Hacimce}\,\% = \frac{V_{çözünen}}{V_{çözelti}} \cdot 100$

$$70 = \frac{140}{140 + V_{su}} \cdot 100$$

$$70(140 + V_{su}) = 140 \cdot 100$$

$$980 + 7V_{su} = 1400$$

$$7V_{su} = 420$$

$$V_{su} = 60 \text{ mL}$$

2. Hazırlanacak çözeltinin %5'i etil alkol olmalıdır. 1000 mL çözeltinin %5'i yani 50 mL'si etil alkoldür. Toplam çözelti hacminden etil alkol hacmi çıkarılır. 1000 - 50 = 950 mL su gerektiği belirlenir.

   950 mL suya 50 mL etil alkol ilave edilerek %5'lik etil alkol çözeltisi hazırlanmış olur.

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. 100 mL hacimce %36'lık etil alkol çözeltisine 50 mL su eklendiğinde oluşan yeni karışımın hacimce % derişimi ne olur?

Mol Kesri

Bir çözelti farklı bileşenlerden oluşabilir. Örneğin deniz suyu, içme suyu gibi çözeltiler birden fazla çözünen içerir. Gazlar da çözeltidir ve gazlarda kullanılan mol kesri kavramı çözeltiler için de kullanılır. Çözeltiyi oluşturan bileşenlerden herhangi birinin mol kesri bulunurken bileşenin mol sayısı o çözeltiyi oluşturan tüm bileşenlerin mol sayıları toplamına oranlanır. A ve B'den oluşan çözeltide bileşenlerin mol kesri aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$X_A = \frac{n_A}{n_T} \qquad X_B = \frac{n_B}{n_T}$$

Bir çözeltideki tüm bileşenlerin mol kesirlerinin toplamı 1'e eşittir.

$$X_A + X_B = 1$$

ÖRNEK VE ÇÖZÜM

Örnek

1. 92 gram gliserol ve 90 gram su karışımından oluşan çözeltideki her bileşenin mol kesrini hesaplayınız.

   (Gliserol: 92 g/mol, H_2O: 18 g/mol)

Çözüm

1. $$\left.\begin{aligned} n_{su} &= \frac{90}{18} = 5\,\text{mol} \\ n_{gliserol} &= \frac{92}{92} = 1\,\text{mol} \end{aligned}\right\} \text{Toplam mol} = 5 + 1$$

$$X_{su} = \frac{5}{6} = 0,833$$

$$X_{gliserol} = \frac{1}{6} = 0,167$$

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. 1 mol benzen, 2 mol karbon tetraklorür ve 7 mol aseton çözeltisindeki her bir maddenin mol kesrini hesaplayınız.

ppm [parts-per million (Milyonda Bir Kısım)]

İçme sularına, deniz ve göl sularına karışan zararlı kimyasallar çok seyreltik çözelti oluşturur. Bu tip seyreltik çözeltilerde yüzde derişim yerine milyonda bir kısım kullanılır. Milyonda bir kısım (ppm), 1 kg çözeltideki çözünen maddenin miligram miktarıdır.

1 kg = 10^6 mg

ppm, 10^6 miligram çözeltideki çözünmüş maddenin miligramı şeklinde de tanımlanabilir.

$$\text{ppm} = \frac{\text{çözünenin kütlesi}}{\text{çözeltinin kütlesi}} \cdot 10^6$$

Örneğin sert sulardaki Ca^{2+} derişimi 0,2 ppm'dir. Bu değer bize 1 kilogram suda 0,2 miligram Ca^{2+} iyonu bulunduğunu belirtir.

ÖRNEK VE ÇÖZÜM

Örnek

1. Göl suyunun 300 gramlık numunesinde 1,8.10^{-4} gram fosfat iyonu olduğuna göre fosfat iyonu derişimi kaç ppm'dir?

Çözüm

1. $$\text{ppm} = \frac{\text{çözünenin kütlesi}}{\text{çözeltinin kütlesi}} \cdot 10^6$$

$$\text{ppm} = \frac{1,8 \cdot 10^{-4}\,\text{g}}{300\,\text{g}} \cdot 10^6 = 0,6\,\text{ppm}$$

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. 400 gram havuz suyu numunesinde 3,5 ppm çözünmüş nitrat iyonu bulunduğuna göre numunedeki nitrat iyonu kaç gramdır?

NELER KAZANILDI?

1. Kütlece %40'lık 150 gram tuzlu su çözeltisine aynı sıcaklıkta 10 gram su ve 40 gram tuz ekleniyor.

Oluşan yeni çözeltinin kütlece yüzde derişimi kaçtır?

A) 10 B) 25 C) 50 D) 60 E) 75

2. Hg^{2+} iyon derişimi 7 ppm olan sulu çözelti ile ilgili

I. 1 kilogram su 7 miligram Hg^{2+} içerir.

II. 1000 gram su 7x10^{-3} gram Hg^{2+} içerir.

III. 10^6 gram su 7 gram Hg^{2+} içerir.

yargılarından hangisi ya da hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III D) I ve II E) I, II ve III

3. 4,4.10^6 gram deniz suyunda 8,8 gram Mg^{2+} iyonu bulunduğuna göre deniz suyu kaç ppm Mg^{2+} iyonu içerir?

A) 1 B) 2 C) 3 D) 4 E) 5

4. Seyreltik tuzlu su çözeltisi ile ilgili aşağıdaki seçeneklerden hangisi <u>yanlıştır</u>?

A) Sabit sıcaklıkta tuz eklenirse derişik hâle gelir.

B) Sabit sıcaklıkta su buharlaştırılırsa derişimi artar.

C) Sabit sıcaklıkta su eklenirse derişimi artar.

D) Sabit sıcaklıkta su eklenirse çözelti yine seyreltik olur.

E) Çözeltinin özelliği her yerinde aynıdır.



3. BÖLÜM: KOLİGATİF ÖZELLİKLER

NELER KAZANILACAK? **Çözeltilerin koligatif özellikleri ile derişimleri arasında ilişki kurulurken**

a) Koligatif özelliklerden buhar basıncı alçalması, donma noktası alçalması (kriyoskopi), kaynama noktası yükselmesi (ebülyoskopi) ve ozmotik basınç üzerinde durulacak,

b) Ters ozmoz yöntemiyle su arıtımı hakkında kısaca bilgi edinilecek (Ozmotik basınçla ilgili hesaplamalara girilmeyecektir.),

c) Saf suyun ve farklı derişimlerdeki sulu çözeltilerin kaynama noktasının tayini ile ilgili deneyler yapılacaktır.

3.3.1. ÇÖZELTİLERİN KOLİGATİF ÖZELLİKLERİ VE DERİŞİMLERİ

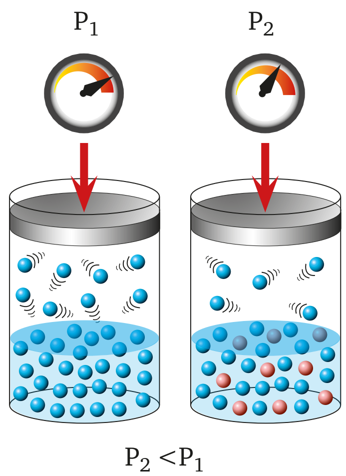
Çözeltilerin özellikleri saf çözücünün veya çözünenin özelliklerinden farklıdır. Çözeltinin özelliği genellikle çözünen maddenin kimyasal yapısına göre değişir. Örneğin hidroklorik asidin suda çözünmesiyle elde edilen çözelti saf çözücüye (suya) göre asidiktir, amonyak çözeltisi ise suya göre baziktir. Tuz ve sudan oluşan tuz çözeltisi suya göre daha yoğun, şeker ve sudan oluşan şeker çözeltisi ise suya göre daha viskozdur (akışkanlığı az).

Çözeltilerde çözünen türün (atom, iyon veya molekül) toplam derişimine, tanecik sayısına bağlı olarak değişen özellikleri de vardır. Bu özellikler buhar basıncı alçalması, donma noktası alçalması, kaynama noktası yükselmesi ve ozmotik basınçtır. Bu özelliklere **koligatif özellikler** denir.

BUHAR BASINCI ALÇALMASI

Herhangi bir sıcaklıkta belli sayıda molekülün, moleküller arası kuvvetleri yenecek yeterli kinetik enerjiye ulaştığında sıvı yüzeyinden ayrılarak gaz hâline geçmesine **buharlaşma** denir. Kapalı bir kaba, bir miktar sıvı konarak bir süre beklendiğinde sıvı buharlaşmaya başlar. Buharlaşan molekül sayısı zamanla artar. Oluşan buhar moleküllerinin bulunduğu ortama uyguladığı basınca buhar basıncı denir. Bu sıvıya uçucu olmayan bir çözünen eklendiğinde sıvı yüzeyinin bir kısmında çözünen tanecikleri de bulunur. Bu durum saf sıvı moleküllerinin sıvı yüzeyinden ayrılarak gaz hâline geçmelerini azaltır. Bu nedenle çözeltinin buhar basıncı saf çözücünün buhar basıncından düşük olur (Görsel 3.3.1).

Çözünen maddenin toplam tanecik derişimi (atom, iyon, molekül) arttıkça, çözeltinin buhar basıncı düşer.



Görsel 3.3.1: Buhar basıncı alçalması

BİLİYOR MUSUNUZ?

Raoult Yasası'na uyduğu varsayılan çözeltilere **ideal çözelti** denir. **Gerçek çözelti** ise Raoult Yasası'na uymayan çözeltilerdir.

Raoult (Rault) Yasası çözelti ve çözünen arasındaki ilişkiyi aşağıdaki şekilde açıklamıştır.

Bir çözeltideki çözücünün kısmi buhar basıncı saf çözücünün buhar basıncı ile çözeltideki çözücünün mol kesrinin çarpımına eşittir.

$P_{çözücü} = X_{çözücü}\, P^{o}_{çözücü}$

$P_{çözücü}$ = çözeltideki çözücünün kısmi buhar basıncı

$X_{çözücü}$ = çözeltideki çözücünün mol kesri

$P^{o}_{çözücü}$ = saf çözücünün buhar basıncı

ÖRNEK VE ÇÖZÜM

Örnek

1. 18 gram glikozun ($C_6H_{12}O_6$) 180 gram su içinde çözünmesiyle hazırlanan çözeltideki 30 °C'taki buhar basıncını hesaplayınız.

(Saf suyun 30 °C'taki buhar basıncı: 28 mmHg

$C_6H_{12}O_6$: 180 g/mol

H_2O: 18 g/mol)

Çözüm

1. $n_{su} = \frac{180}{18} = 10\,\text{mol}$ $n_{glikoz} = \frac{18}{180} = 0,1\,\text{mol}$

$n_{toplam} = 10 + 0,1 = 10,1$ $X_{su} = \frac{10}{10,1} = 0,99$

$P_{çözücü} = X_{çözücü} \cdot P^{o}_{çözücü}$

$P_{çözücü} = 0,99 \cdot 28$

$P_{çözücü} = 27,72$ mmHg

Yukarıdaki örnekte de görüldüğü gibi bir çözücünün buhar basıncı karışıma uçucu olmayan çözünen eklendiğinde düşer.

BİLİYOR MUSUNUZ?

Çözeltiyi oluşturan bileşenlerden her iki bileşen de kloroform ve benzen gibi uçucu sıvılar ise çözeltinin buhar basıncı Dalton'un kısmi basınçlar bağıntısıyla da hesaplanabilir. Çözeltinin buhar basıncı, bileşenlerin kısmi basınçları toplamına eşittir. Bu durumda Raoult Yasası aşağıdaki bağıntı ile ifade edilebilir.

$P_A = X_A \cdot P_A^{o}$

P_A = çözeltideki A bileşeninin kısmi buhar basıncı
X_A = A bileşeninin mol kesri
P_A^{o} = A bileşeninin saf hâldeki buhar basıncı

$P_B = X_B \cdot P_B^{o}$

P_B = çözeltideki B bileşeninin kısmi buhar basıncı
X_B = B bileşeninin mol kesri
P_B^{o} = B bileşeninin saf hâldeki buhar basıncı

Çözeltinin toplam buhar basıncı $P_T = P_A + P_B$

Örneğin 90 °C'ta saf benzenin buhar basıncı 1016 mmHg ve kloroformun buhar basıncı 762 mmHg'dır. Sıvı fazda ideal benzen kloroform karışımında benzenin mol kesri 0,25 olduğuna göre her bir bileşenin kısmi basıncı ve toplam basıncı aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$P_{benzen} = X_{benzen} \cdot P^{o}_{benzen}$

$P_{benzen} = 0,25 \cdot 1016 = 254$ mmHg

$P_{kloroform} = X_{kloroform} \cdot P^{o}_{kloroform}$

$P_{kloroform} = 0,75 \cdot 762 = 571,5$ mmHg

$P_{toplam} = P_{benzen} + P_{kloroform}$

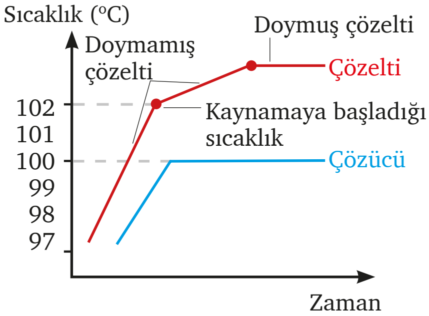
$P_{toplam} = 254 + 571,5 = 825,5$ mmHg

Buhar basıncının düşmesi, çözeltinin kaynama noktasının yükselmesine (ebülyoskopi), donma noktasının alçalmasına (kriyoskopi) ve ozmoz olayına neden olur.

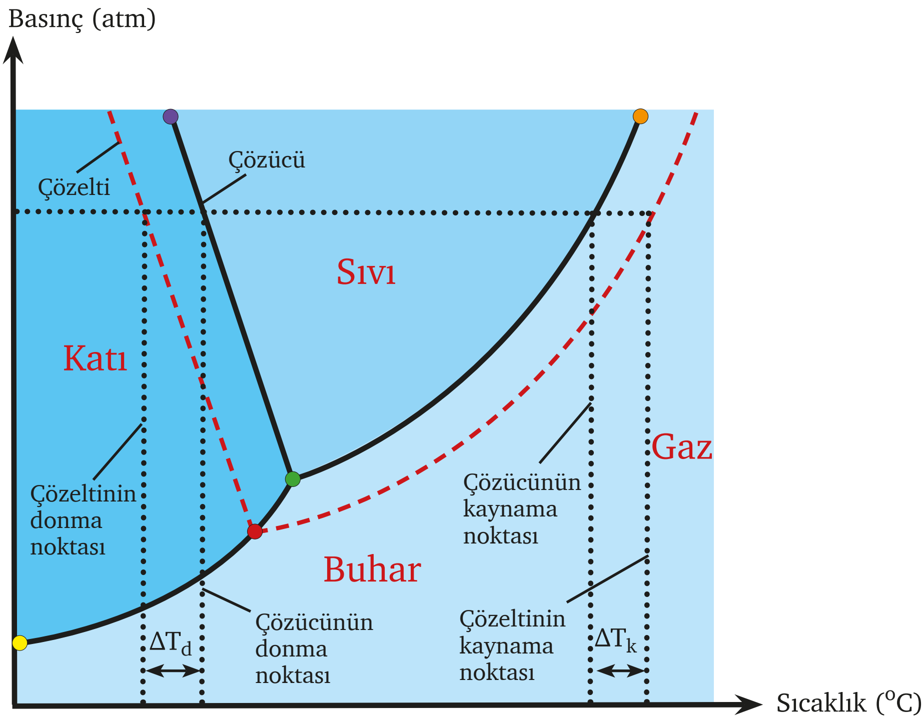
KAYNAMA NOKTASI YÜKSELMESİ (Ebülyoskopi)

Sıvının buhar basıncının dış basınca eşitlendiği sıcaklık sıvının **kaynama noktası**dır. Uçucu olmayan çözünen, çözeltinin buhar basıncını düşürür. Buhar basıncı ile kaynama noktası birbiri ile bağlantılı olduğuna göre saf çözücüye uçucu olmayan çözünen eklenmesi kaynama noktasını nasıl etkiler?

Saf çözücüye uçucu olmayan çözünen eklendiğinde buhar basıncı düştüğüne göre buhar basıncının dış basınca eşitlenmesi için daha yüksek sıcaklık gerekir. Bu durum da kaynama noktasının daha yüksek sıcaklıkta gerçekleşmesiyle mümkündür (Grafik 3.3.1). Örneğin kaynamakta olan suya tuz atıldığında kaynama durur, kaynama daha yüksek sıcaklıkta gerçekleşir.



Grafik 3.3.1: Saf çözücünün (su) ve uçucu olmayan çözünen içeren çözeltinin normal kaynama noktalarının karşılaştırılması



Grafik 3.3.2: Suyun ve uçucu olmayan çözünen içeren çözeltinin faz diyagramı

Grafik 3.3.2, suyun faz diyagramını ve çözeltiye uçucu olmayan bileşen eklenmesiyle çözeltide meydana gelen değişimi göstermektedir. Grafikte kesiksiz çizgiler bir atmosfer basınçtaki saf çözücünün kaynama noktasını, kesikli çizgiler ise çözeltinin kaynama noktasını göstermektedir. Kaynama noktası yükselmesi molalite ile orantılıdır.

$\Delta T_k \ \alpha \ m$

$\Delta T_k = T_k - T_k^o$ ΔT_k= kaynama noktası yükselmesi

T_k= çözeltinin kaynama noktası

T_k^o= saf çözücünün kaynama noktası

$\Delta T_k = K_k \cdot m$ m= çözeltinin molalitesi

K_k = molal kaynama noktası yükselmesi sabiti (birimi °C/m)

Koligatif özellikler çözeltide çözünmüş olan taneciklerin sayısına bağlı olduğundan iyonik ve moleküler yapılı olan bileşiklerde kaynama noktasının yükselmesi ve donma noktasının düşmesi bileşiğin yapısına göre farklılıklar gösterir. Bunun nedeni şeker gibi molekül yapılı bileşiklerin iyonlaşmadan çözünmeleri, NaCI gibi iyonik bileşiklerin ise suda çözündüklerinde iyonlarına ayrılmalarıdır. Önemli olan suda oluşan iyon (tanecik) sayısıdır.

$$NaCl(k) \longrightarrow Na^{+}(suda) + Cl^{-}(suda)$$

1 tanecik + 1 tanecik = 2 tanecik

$$CaF_2(k) \longrightarrow Ca^{2+}(suda) + 2F^{-}(suda)$$

1 tanecik + 2 tanecik = 3 tanecik

$$Al(OH)_3(k) \longrightarrow Al^{3+}(suda) + 3OH^{-}(suda)$$

1 tanecik + 3 tanecik = 4 tanecik

Kaynama noktası yükselmesi çözeltideki iyon sayısıyla orantılı olduğundan sayısal hesaplamalar yapılırken iyon sayısı da bağıntıda yer alır. İyonik bileşiklerde bağıntı aşağıdaki şekilde yazılır.

$$\Delta T_k = K_k \cdot m \cdot T_s$$

ΔT_k = kaynama noktası yükselmesi

K_k = molal kaynama noktası yükselmesi sabiti

m = çözeltinin molalitesi

T_s = tanecik sayısı

Moleküler bileşikler (şeker, alkol vb.) ise suda çözündüklerinde iyonlaşmadıklarından tanecik sayıları daima bir olarak alınır.

$$C_6H_{12}O_6(k) \longrightarrow C_6H_{12}O_6(suda)$$

Glikoz — 1 tanecik

$$C_2H_5OH(s) \longrightarrow C_2H_5OH(suda)$$

Etil alkol — 1 tanecik

$$CH_3OH(s) \longrightarrow CH_3OH(suda)$$

Metil alkol — 1 tanecik

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. Aşağıda verilen bileşiklerin suda çözündüklerinde oluşturdukları tanecik sayısını bulunuz.

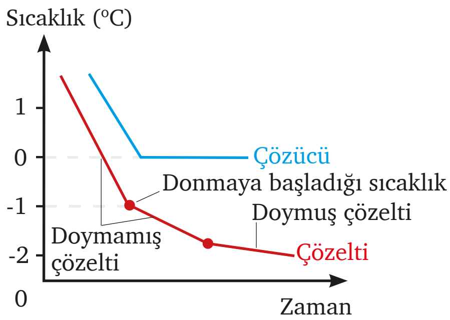
a) $C_{11}H_{22}O_{11}$

b) $NaNO_3$

c) $MgCl_2$

DONMA NOKTASI ALÇALMASI (Kriyoskopi)

Çözeltinin donmaya başladığı sıcaklık saf çözücünün donma noktasından düşüktür (Grafik 3.3.3). Donma olayında çözelti daha düzensiz hâlden, düzenli hâle (katı) geçer. Bu durum ekzotermik olduğundan enerji açığa çıkar. Dolayısıyla çözelti saf çözücüden daha düşük donma noktasına sahiptir. Buzlanmayı önlemek için yollara tuz dökülmesi ve uçak kanatlarının alkolle yıkanmasının nedeni suyun donma noktasını düşürmektir. Kaynama noktasının yükselmesi için çözünenin uçucu olmaması gerekirken donma noktası için böyle bir ayrım yoktur. Uçucu olan maddeler ilave edildiğinde de donma noktası düşer. Örneğin araba radyatörlerinde antifriz olarak kullanılan etandiol uçucu bir maddedir (Görsel 3.3.2).



Grafik 3.3.3: Saf çözücünün (su) ve çözeltinin donma noktası alçalması

Donma noktası alçalması da çözeltinin derişimi ile doğru orantılıdır.

$\Delta T_d \; \alpha \; m$

$\Delta T_d = T_d - T_d^o$ $\quad \Delta T_d$ = donma noktası alçalması

T_d = çözeltinin donma noktası

T_d^o = saf çözücünün donma noktası

$\Delta T_d = K_d \cdot m$ $\quad m$ = Çözeltinin molalitesi

K_d = molal donma noktası alçalması sabiti (birimi $^oC/m$)



Görsel 3.3.2: Araba radyatörlerinde kullanılan antifriz

Donma noktası alçalması ile ilgili hesaplamalarda da bileşiğin iyonik ve moleküler çözünmesi dikkate alınır.

$\Delta T_d = K_d \cdot m \cdot T_s$ $\quad T_s$ = tanecik sayısı

Tablo 3.3.1: Suyun 1 atm Basınçtaki Molal Donma Noktası Alçalması ve Kaynama Noktası Yükselmesi Sabitleri

Çözücü	Normal Donma Noktası (°C)	Donma Noktası Alçalması Sabiti (K_d)	Normal Kaynama Noktası (°C)	Kaynama Noktası Yükselmesi Sabiti (K_k)
Su	0	1,86	100	0,52

Normal donma veya kaynama noktası 1 atm basınçtaki donma ve kaynama noktası anlamına gelir.

ÖRNEK VE ÇÖZÜM

Örnek

1. 2000 gram suda 90 gram glikoz çözündüğünde çözeltinin saf çözücüye göre kaynama noktası yükselmesini ve donma noktası alçalmasını hesaplayınız.

($C_6H_{12}O_6$: 180 g/mol H_2O: 18 g/mol

su için $K_k = 0,52\ ^oC/m$;

$K_d = 1,86\ ^oC/m$)

Çözüm

1. $n_{glikoz} = \dfrac{90}{180} = 0,5\ mol$

2000 gram = 2 kg

$m_{glikoz} = \dfrac{n}{m_{çözücü}} = \dfrac{0,5}{2} = 0,25$ molaldir.

$\Delta T_k = K_k \cdot m$
$\Delta T_k = 0,52 \cdot 0,25$
$\Delta T_k = 0,13$
$T_k = 100 + 0,13$
$T_k = 100,13\ ^oC$

$\Delta T_d = K_d \cdot m$
$\Delta T_d = 1,86 \cdot 0,25$
$\Delta T_d = 0,465$
$T_d = 0 - 0,465$
$T_d = -0,465\ ^oC$

ÖRNEK VE ÇÖZÜM

Örnek

1. 1 litre suya 93,6 gram NaCl ilave edildiğinde ortaya çıkan kaynama noktası yükselmesini ve donma noktası alçalmasını hesaplayınız.

(NaCl: 58,5 g/mol

su için $K_k = 0,52$; $K_d = 1,86$)

Çözüm

1. $NaCl(k) \longrightarrow Na^+(suda) + Cl^-(suda)$

1 iyon + 1 iyon = 2 iyon

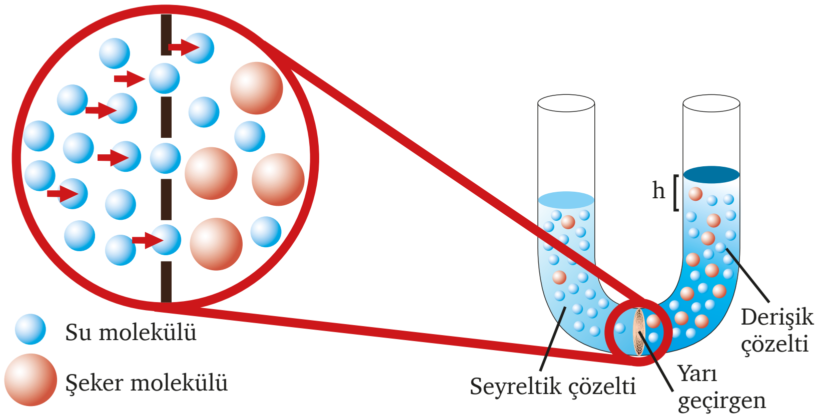
$$n_{NaCl} = \frac{93,6}{58,5} = 1,6 \text{ mol}$$

$$m_{NaCl} = \frac{n}{m_{çözücü}} = \frac{1,6}{1} = 1,6 \text{ molal}$$

$\Delta T_k = K_k \cdot m \cdot T_s$
$\Delta T_k = 0,52 \cdot 1,6 \cdot 2$
$\Delta T_k = 1,664$
$T_k = 100 + 1,664$
$T_k = 101,664\ ^oC$

$\Delta T_d = K_d \cdot m \cdot T_s$
$\Delta T_d = 1,86 \cdot 1,6 \cdot 2$
$\Delta T_d = 5,95$
$T_d = 0 - 5,95$
$T_d = -5,95\ ^oC$

Ozmotik Basınç: Kaynama noktası yükselmesi ve donma noktası düşmesi gibi ozmotik basınç da çözeltinin derişimine bağlı özelliklerinden biridir. Ozmoz olayında çözeltiden çözücü moleküllerin geçişine izin veren ancak çözünenin geçişini engelleyen küçük gözenekli, yarı geçirgen bir zar bulunur. Bu yarı geçirgen zardan seyreltik çözeltiden derişik çözeltiye seçimli olarak çözücü geçişi olur. Bu olaya **ozmoz** denir.



Görsel 3.3.3: Ozmoz

Görsel 3.3.3'te U şeklindeki boruda su moleküllerini geçiren ancak şeker moleküllerini geçirmeyen yarı geçirgen bir zar, saf su ve şekerli su arasına yerleştirilmiştir. Şekerli su saf sudan daha yoğun olduğundan saf su moleküllerine çekim kuvveti uygular. Bu kuvvete ozmoz değeri denir. Başka bir deyişle su molekülleri şekerli su tarafına geçme eğilimindedir. Saf çözücünün seyreltik çözeltiden derişik çözeltiye geçmesi ile ozmoz gerçekleşir. Suyun geçmesiyle çözelti daha seyreltik hâle geçer ve çözeltinin bulunduğu tarafta su seviyesi yükselir. Sıvı yüksekliğinin oluşturduğu basınca (h yüksekliğine) **ozmotik basınç** denir. Bu basınç nedeniyle her iki taraftaki çözücü moleküllerinin akış hızı sıfır olur. Ozmotik basınç çözücü moleküllerinin akışını durduran basınç olarak da tanımlanabilir.

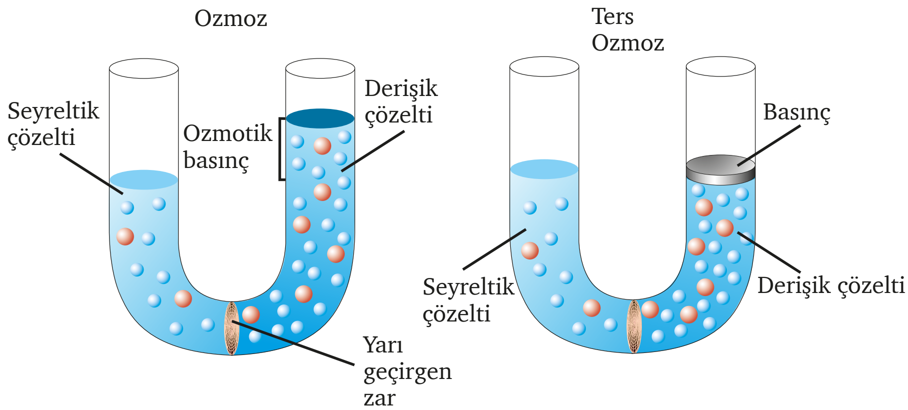
Çözelti üzerindeki basınç daha da artarsa çözeltideki çözücü bu kez saf çözücü tarafına geçmeye başlar ve ters ozmoz meydana gelir. U borunun her iki tarafında derişimler eşit olursa çözeltiler **izotonik**tir. Eşit değilse yüksek derişimli çözelti **hipertonik**, düşük derişimli çözelti ise **hipotonik** olarak adlandırılır. Günlük yaşamda kimyasal ve biyolojik birçok olayda ozmotik basınç uygulamasıyla karşılaşılır. Ağaçların üst yapraklarına kadar suyun taşınabilmesindeki etkenlerden biri de ozmotik basınçtır. Terleme ile su kaybeden yapraklarda çözünen madde derişimi artar. Su, ağaç gövdesinden dallara ve yapraklara ozmotik basınç ile gönderilir (Görsel 3.3.4).



Görsel 3.3.4: 120 metre yüksekliğindeki ağaçların tepesindeki yapraklara suyun iletilebilmesi için 10-15 atmosferlik basınç gerekir.

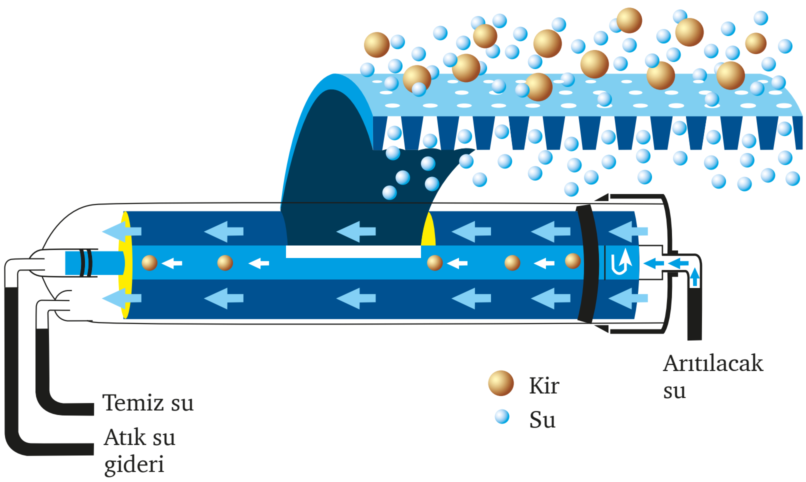
TERS OZMOZ YÖNTEMİYLE SU ARITIMI

Ozmoz, enerji gerektirmeyen, kendiliğinden gerçekleşen bir olay olduğu hâlde, ters ozmoz için suyu derişik çözeltiden seyreltik çözeltiye geçirmek için derişik çözeltiye enerji vermek gerekir (Görsel 3.3.5).



Görsel 3.3.5: Ozmoz ve ters ozmoz

Ters ozmoz suyun arıtım yöntemlerinden biridir. Başlangıçta gemilerde deniz suyunu içme suyuna dönüştürmek için kullanılan yöntem günümüzde birçok yerde kullanılan su arıtma yöntemlerinden biri hâline gelmiştir. Ters ozmoz yöntemi ile su arıtımında kullanılan düzenek aşağıdaki gibidir (Görsel 3.3.6).



Görsel 3.3.6: Ters ozmoz yöntemiyle su arıtımı

Ters ozmozda kullanılan yarı geçirgen zarın gözenekleri çok küçüktür. Bu yarı geçirgen zar su moleküllerinin geçmesine izin veren ancak çözünmüş tuzların, organik maddelerin, bakterilerin çoğunun geçmesini engelleyen bir filtre görevi görür. Yarı geçirgen zar delikli bir boru etrafına sarılır. Sistemde bir arıtılacak su girişi iki de su çıkışı bulunur. Su çıkışlarından biri temiz su diğeri de atık su çıkışıdır. Yarı geçirgen zar sarmalına basınçla giren su zarın etrafında dolanır. Uygulanan basınç sonucu su molekülleri zarın gözeneklerinden geçerken su kirleticiler geçemez. Borunun deliklerinden giren arıtılmış su, temiz su çıkışından dışarı çıkarken sarmaldan geçemeyen maddeler atık su çıkışından atılır. Kısaca, derişik çözeltiye basınç uygulandığında su molekülleri yarı geçirgen zardan geçer fakat su kirleticilerin içeri girmesine izin verilmez.

3.3.1. ETKİNLİK — SAF SUYUN VE FARKLI DERİŞİMDEKİ ÇÖZELTİLERİN KAYNAMA NOKTALARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Araç ve Gereç

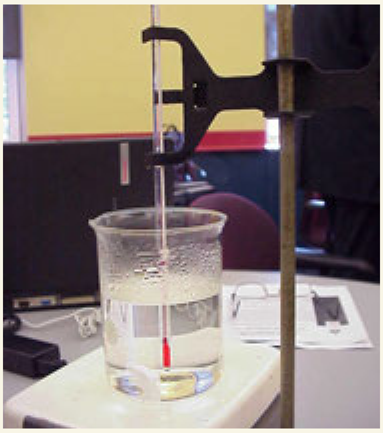
- Saf su
- 3 ve 6 molal'lik NaCl çözeltileri
- 3 ve 6 molal'lik $C_6H_{12}O_6$ çözeltileri
- Kaynama taşı
- Termometre
- Beherglas (5 adet)
- Sacayak
- Kibrit
- Bunzen beki veya ispirto ocağı

ETKİNLİĞİN AMACI

Suyun ve farklı derişimdeki çözeltilerin kaynama noktalarının bulunması ve sonuçların karşılaştırılması.

ETKİNLİK BASAMAKLARI

1. Beherglasa 250 mL su doldurulur. İçine 1-2 tane kaynama taşı atılır ve termometre yerleştirilir (Termometre kabın dibine değmemesi için bir mantarla veya destekle tutturulur.) (Görsel 3.3.7).



Görsel 3.3.7: Suyun kaynama noktasının belirlenmesi

2. Beherglas ısıtılır. Suyun kaynamaya başladığı sıcaklık aşağıdaki tabloya not edilir.
3. Yukarıdaki her iki basamak 3 ve 6 molallik NaCl ve $C_6H_{12}O_6$ çözeltileri için de yapılarak bulunan değerler aşağıdaki tabloya not edilir.

Madde	Kaynama Noktası (°C)
Saf su	
3 molallik NaCl çözeltisi	
6 molallik NaCl çözeltisi	
3 molallik $C_6H_{12}O_6$ çözeltisi	
6 molallik $C_6H_{12}O_6$ çözeltisi	

ETKİNLİĞİN SONUÇLANDIRILMASI

1. Aynı maddenin farklı derişimlerde kaynama noktalarının farklı olmasının nedenini açıklayınız.
2. Farklı maddelerin eşit derişimli çözeltilerinin kaynama noktalarının farklı olmasının nedenini açıklayınız.
3. Derişim ve kaynama noktası arasındaki ilişkiyi açıklayınız.

NELER KAZANILDI?

1. Aşağıdaki maddelerin çözeltileri hazırlanıyor. **Hazırlanan çözeltilerin molaliteleri eşit olduğuna göre kaynama noktalarını ve donma noktalarını büyükten küçüğe doğru karşılaştırarak farklılığın nedenini açıklayınız.**

I. CH_3OH II. $CaCO_3$ III. MgF_2
IV. $AlCl_3$ V. C_2H_5OH

2. 0,2 mol glikozun 1,8 mol suda çözünmesi ile oluşan çözeltinin 20 °C'taki buhar basıncı kaç mmHg'dır?
(Suyun 20 °C'taki buhar basıncı 18 mmHg'dır.)

3. 1,0 molal KNO_3 çözeltisinin bir atmosferdeki kaynamaya başladığı sıcaklığı bulunuz. (Suyun kaynama noktası sabiti K_k = 0,51 °C kg/mol)

4. 0,1 molal şeker çözeltisinin bir atmosferdeki donmaya başladığı sıcaklığı bulunuz. (Suyun donma noktası sabiti K_d = 1,86 °C kg/mol)

4. BÖLÜM: ÇÖZÜNÜRLÜK

NELER KAZANILACAK? **Çözeltiler çözünürlük kavramı temelinde sınıflandırılırken**

a) Seyreltik, derişik, doygun, aşırı doygun ve doymamış çözelti kavramları üzerinde durulacak,

b) Çözünürlükler g/100 g su birimi cinsinden verilecek,

c) Çözünürlükle ilgili hesaplamalar yapılacaktır.

3.4.1. ÇÖZELTİLERİN SINIFLANDIRILMASI

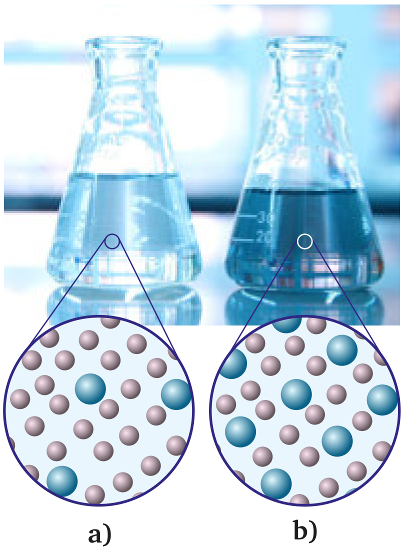


Görsel 3.4.1: Nyos Gölü

Nyos (Nayos) Gölü Afrika'da bir göl. Bu göl Kamerun'un kuzeybatısında volkanik bir dağın kraterinde bulunuyor. Nyos Gölü'nde 21 Ağustos 1986'da garip ve gizemli doğal afetlerden biri gerçekleşti. Bir gecede yüzlerce insan öldü ve hayvanlar telef oldu. Ölümler CO_2 zehirlenmesinden kaynaklandı.

CO_2 jeolojik süreçlerin yan ürünüdür. Nyos Gölü'nün altından geçen magma tabakasının içinde oluşan karbon dioksit, göl suyunun uyguladığı basınç ile çözünür. Basınç azaldığında doymuş su çözeltisindeki karbon dioksit gazı kabarcıklar çıkararak çalkalanan gazlı içecek şişesi gibi patlar. Patlama demirce zengin suları getirerek gölün rengini kırmızıya çevirir (Görsel 3.4.1). Patlamanın en önemli nedenlerinden biri göl suyundaki CO_2 derişiminin artması ve basınçtır. Nyos Gölü birbirine karışmayan katmanlar ve çözünmüş mineraller ile CO_2 gibi gazları içeren yoğun çözeltiden oluşmuştur.

Çözelti, çözücü ve çözünenden oluşan homojen karışımdır. Çözeltiyi oluşturan bileşenlerden genellikle çok olana çözücü, az olana çözünen denmesine rağmen gaz çözeltiler için bu tanımlama her zaman doğru olmayabilir.



Görsel 3.4.2: a) Seyreltik çözelti
b) Derişik çözelti

Çözeltiler çözünürlük temelinde seyreltik, derişik, doygun, aşırı doygun ve doymamış olarak sınıflandırılabilir (Görsel 3.4.2).

Seyreltik Çözelti: Çözünen madde derişimi bir başka çözeltiye göre düşük olan veya birim hacmindeki çözünen madde miktarı az olan çözeltilerdir (Görsel 3.4.2.a).

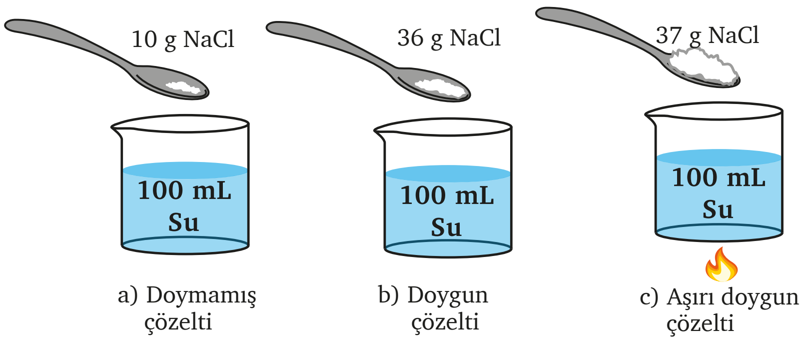
Derişik Çözelti: Çözünen maddenin derişimi bir başka çözeltiye göre yüksek olan veya birim hacmindeki madde miktarı çok olan çözeltilerdir (Görsel 3.4.2.b). Derişik ve seyreltik çözelti göreceli kavramlardır. Aynı sıcaklıkta 100 mL suya 5 gram tuz atıldığında seyreltik olan çözelti, 100 mL suya 1 gram tuz atılan çözelti ile kıyaslandığında derişik olur.

Derişik çözeltiye çözücü ilave edildiğinde seyreltik, seyreltik çözeltiye çözünen eklendiğinde derişik çözelti elde edilir.

Doymamış Çözelti: Belirli sıcaklık ve basınçta belirli miktar çözücüde çözebileceğinden daha az çözünen içeren çözeltidir. 20 °C'ta 100 gram su en fazla 36 gram yemek tuzu çözebilir. 20 °C'ta 100 gram suda 10 gram yemek tuzu çözülerek hazırlanan çözelti doymamış çözeltidir (Görsel 3.4.3.a).

Doygun Çözelti: Belirli sıcaklık ve basınçta belirli miktar çözücüde çözülebilecek en fazla çözüneni çözmüş olan çözeltilerdir. 20 °C'ta 100 gram su en fazla 36 gram yemek tuzu çözebilir. 100 gram suda 36 gram yemek tuzu çözülerek hazırlanan çözelti doygun çözeltidir (Görsel 3.4.3.b).

Aşırı Doygun Çözelti: Sıcaklığı artırarak çözebileceğinden daha fazla madde çözebilen çözeltidir. 20 °C'ta 100 gram su en fazla 36 gram yemek tuzu çözebilir. Sıcaklık 50 °C'a çıkarıldığında 100 gram su 37 gram yemek tuzunu çözebilir. Aşırı doygun çözelti kararsızdır sıcaklık 20 °C'a düşürüldüğünde 1 gram yemek tuzu çökerek çözelti tekrar doygun hâle gelir (Görsel 3.4.3.c).



Görsel 3.4.3: Çözelti türleri

Belirli sıcaklık ve basınçta 100 gram çözücüde çözünen maddenin gram cinsinden miktarına **çözünürlük** denir. Çözünürlük birimi genellikle g/100 g su olarak kullanılır.

Maddelerin çözünürlüğü sıcaklık, basınç, çözücünün türü ve ortak iyon etkisi ile değişebilir. Çözünürlük maddelerin kimlik özelliğidir. Bir başka deyişle ayırt edici özelliğidir. Örneğin 20 °C'ta 100 gram suda en fazla 36 gram yemek tuzu çözünürken 20 °C'ta 100 gram suda en fazla 88 gram sodyum nitrat çözünebilir.

Bazı katıların farklı sıcaklıklardaki çözünürlükleri Tablo 3.4.1'de verilmiştir.

$$\text{Çözünürlük} = \frac{\text{çözünenin kütlesi (g)}}{\text{100 g çözücü}}$$

Tablo 3.4.1. Bazı Katıların Farklı Sıcaklıklardaki Çözünürlükleri (g/100 g su)

Madde \ Sıcaklık (°C)	0	10	20	30	40	50	60
Sodyum klorür	35,7	35,8	36,0	36,3	36,5	37,0	37,2
Sodyum nitrat	73,0	80,0	88,0	96,0	104,0	113,0	124,0
Potasyum sülfat	7,35	9,22	11,1	12,8	14,7	16,5	18,3
Potasyum nitrat	13,3	20,9	31,6	46,0	63,9	85,5	110,0
Potasyum klorür	27,6	31,0	34,0	37,0	40,0	42,6	45,5

ÇÖZÜNÜRLÜK HESAPLAMALARI

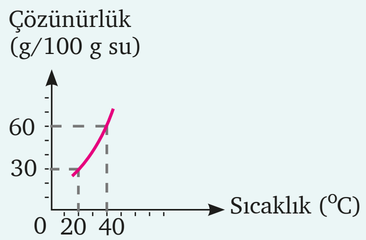
Çözünürlükle ilgili farklı hesaplamalar yapılabilir. Maddelerin farklı sıcaklıklardaki çözünürlük değerleri verilerek çözelti içindeki çözücü, çözünen madde miktarı hesaplanabilir. Ayrıca sıcaklık değişiminden yararlanılarak çöken madde miktarı ve çöken maddeyi çözmek için gereken çözücü miktarı da hesaplanabilir. Aşağıda çözünürlükle ilgili hesaplamalara farklı örnekler verilmiştir.

ÖRNEK VE ÇÖZÜM

Örnek

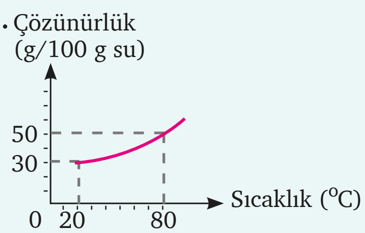
1. 20 °C'ta 100 gram suda en fazla 88 gram sodyum nitrat çözündüğüne göre aynı sıcaklıkta 150 gram suda kaç gram sodyum nitrat çözünebilir?

2.



Grafik, bir X tuzunun çözünürlüğünün sıcaklıkla değişimini göstermektedir. 40 °C'ta 320 gram doymuş X çözeltisinde kaç gram su bulunur?

3.



20 °C'taki doymuş X çözeltisinin sıcaklığı 80 °C'a çıkarıldığında çözeltiyi doymuş hâle getirmek için 80 gram tuz gerekir. Buna göre kullanılan su kaç gramdır?

Çözüm

1. 20 °C'ta
100 g su   88 g sodyum nitrat çözünürse
150 g suda   x g

$$x = \frac{150 \cdot 88}{100} = 132 \text{ g sodyum nitrat çözünebilir.}$$

2. 40 °C'ta 100 g su + 60 g tuz = 160 g doymuş çözelti

160 g çözeltide   100 g su
320 g çözeltide   x

$$x = \frac{320 \cdot 100}{160} = 200\text{g su bulunur.}$$

3. 20 °C'ta çözünürlük 30 g/100 g su
80 °C'ta çözünürlük 50 g/100 g su

50 - 30 = 20 g tuz ilave edilmelidir.

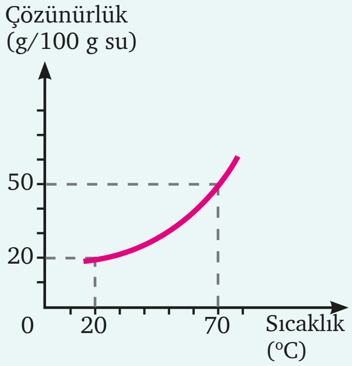
100 g su için   20 g tuz ilave edilirse
x g su için   80 g tuz ilave edilir.

$$x = \frac{100 \cdot 80}{20} = 400 \text{ g su bulunur.}$$

ÖRNEK VE ÇÖZÜM

Örnek

1.



Yukarıda A tuzuna ait çözünürlük-sıcaklık grafiği verilmiştir. Bu grafiğe göre 20 °C'ta 80 gram su ile hazırlanan doymuş A çözeltisine 120 gram su katılarak sıcaklık 70 °C'a çıkarılıyor. **Çözeltinin 70 °C'ta doygun olabilmesi için kaç gram daha A tuzu çözünmelidir?**

2.

Sıcaklık (°C)	Çözünürlük (g/100 g su)
60	150

Yukarıda bir tuza ait çözünürlük-sıcaklık değeri verilmiştir. Buna göre 60 °C'ta 50 gram su ile hazırlanan doymuş tuz çözeltisinin kütlece % derişimi nedir?

3. 200 gram çözeltide 60 gram tuz çözünmüştür. Aynı sıcaklıkta çözeltiye 50 gram daha tuz eklendiğinde çözeltinin kütlesi 238 gram oluyor. **Aynı sıcaklıkta X tuzunun çözünürlüğü kaç g/100 g su olur?**

Çözüm

1. 20 °C'ta

100 g su — 20 g
80 g su — X

X = 16 g tuz

80 + 120 = 200 g su

70 °C'ta

100 g su — 50 g
200 g su — X

X = 100 g tuz

100 - 16 = 84 g tuz eklenmelidir.

2. 60 °C'ta

100 g su — 150 g çözünen
50 g su — x

$$x = \frac{150 \cdot 50}{100} = 75\text{g çözünen}$$

$$\text{Kütlece \%} = \frac{m_{çözünen}}{m_{çözelti}} \cdot 100$$

$$\text{Kütlece \%} = \frac{75}{125} \cdot 100$$

Kütlece % = 60 olur.

3. 200 - 60 = 140 g su   60 + 50 = 110 g tuz

140 + 110 = 250 g çözelti

250 - 238 = 12 g çöker.

110 - 12 = 98 g tuz çözünür.

140 g su — 98 g tuz
100 g su — X

X = 70 g tuz   Çözünürlük $\frac{70\text{g}}{100\text{g}}$ su olur.

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. 50 °C'taki 555 gram doymuş potasyum nitrat çözeltisi 20 °C'a kadar soğutuluyor. **Soğutma sonucunda dipte çökelme olmaması için çözeltiye 20 °C'taki sudan kaç gram eklenmelidir?** (Potasyum nitratın çözünürlüğü 50 °C'ta 85 g/100 g su, 20 °C'ta 30 g/100 g sudur.)

2.

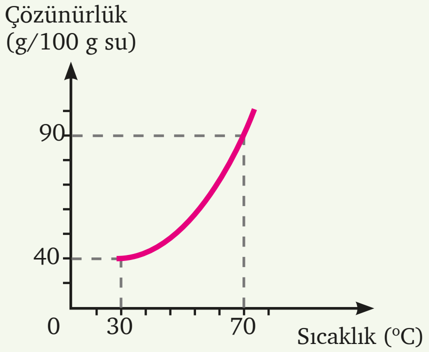
Sıcaklık (°C)	Çözünürlük (g/100 g su)
10	20
20	50
30	90

Yukarıdaki tabloda bir Y tuzuna ait farklı sıcaklıklardaki çözünürlük değerleri verilmiştir. 30 °C'ta 57 g doymuş X çözeltisi soğumaya bırakıldığında 12 g X çöker. **Buna göre çözeltinin sıcaklığı kaç °C'tur?**

3. 40 °C'ta 400 gram su ile 560 gram doymamış çözelti hazırlanmıştır. Bu çözeltiyi doygun hâle getirmek için 40 gram daha tuz ekleniyor. **Bu sıcaklıkta tuzun çözünürlüğü kaç g/100 g sudur?**

4. 50 °C'ta 36 gram tuz içeren 186 gram çözelti 10 °C'a kadar soğutuluyor. **Aynı sıcaklıkta doymuş çözelti elde etmek için kaç gram tuz eklenmelidir?** (10 °C'da çözünürlük 30 g/100 g sudur.)

5.



Grafik bir katının çözünürlüğünün sıcaklıkla değişimini göstermektedir. **70 °C'ta 380 gram doymuş çözeltinin sıcaklığı 30 °C'a düşürülürse çöken tuzu çözmek için 30 °C'ta kaç gram su gerekir?**

NELER KAZANILDI?

Aşağıda verilen yapılandırılmış gridde (yapılandırılmış kareler) çözeltilerle ilgili kavramlar verilmiştir. Kutuda verilen harfleri kullanarak sorulan soruları cevaplayınız.

a) Doygun çözelti	b) Derişik çözelti	c) Aşırı doymuş çözelti
ç) Seyreltik çözelti	d) Doymamış çözelti	e) Molarite
f) Molalite	g) ppm	h) Çözünürlük

1. A tuzunun 20 °C'ta çözünürlüğü 40/100 g su olduğuna göre aynı sıcaklıkta 200 g suda 60 gram tuz çözünmesiyle oluşan çözeltidir.

2. 1 kg çözücüde çözünen maddenin mol sayısıdır.

3. 1 litre çözeltide çözünen maddenin mol sayısını ifade eder.

4. Birim hacimde bir başka çözeltiye göre çözüneni az olan çözeltidir.

5. Belli sıcaklık ve basınçta belirli miktar çözücü çözebileceği en fazla çözüneni çözmüş olan çözeltidir.

6. Sıcaklığı artırarak çözebileceğinden fazlasını çözmüş olan kararsız çözeltidir.

7. Çok seyreltik çözelti için kullanılan derişim birimidir.

8. Belli sıcaklık ve basınçta 100 g suda çözünen maddenin gram cinsinden miktarıdır.



5. BÖLÜM: ÇÖZÜNÜRLÜĞE ETKİ EDEN FAKTÖRLER

NELER KAZANILACAK? **Çözünürlüğün sıcaklık ve basınçla ilişkisi açıklanırken**

a) Farklı tuzların sıcaklığa bağlı çözünürlük eğrileri yorumlanması sağlanacak,
b) Tuzların farklı sıcaklıklardaki çözünürlüklerinden faydalanarak deriştirme ve kristallendirme ile ilgili hesaplamalar yapılacak,
c) Gazların çözünürlüklerinin basınç ve sıcaklıkla değişimi üzerinde durulacak çözünürlük eğrileri yorumlanacak,
d) Çözünürlüğün sıcaklık ve basınçla ilişkisi elektronik tablolama programı kullanılarak kurgulanacak, değerler değiştirilerek gerçekleşen değişiklikler gözlemlenecek ve yorumlanacaktır.

3.5.1. ÇÖZÜNÜRLÜĞÜN SICAKLIK VE BASINÇLA İLİŞKİSİ

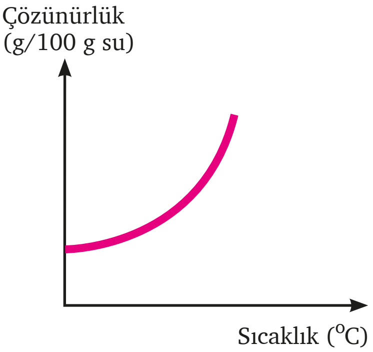


Görsel 3.5.1: Çeşitli reçeller

Reçel, tatlı vb. şekerli yiyecekler genellikle oda sıcaklığında saklanır (Görsel 3.5.1). Bu tür yiyeceklerin buzdolabında veya düşük sıcaklıkta saklanması uygun değildir. Buzdolabında uzun süre bekletildiğinde kristallenen bu yiyecekler hangi işlemle eski hâline getirilebilir? Sorunun cevabı katıların çözünürlüğüne sıcaklığın etkisi ile açıklanabilir.

Sıcaklığın Etkisi: Katıların çözünürlüğü genellikle sıcaklık arttıkça artar. Soğuk ortamda saklanan yiyeceklerin kristallenmelerinin nedeni şekerin çözünürlüğünün sıcaklıkla azalmasından kaynaklanır.

Çözünen madde çözücüye eklendiğinde çözücü moleküllerin kinetik enerjisi çözünen maddeyi oluşturan kimyasal türler arasındaki çekim etkisinin azalmasına yol açar. Böylece çözünen, katı hâlden ayrılarak sulu faza geçer. Çözünen tanecikler çözücü moleküller tarafından sarılır.



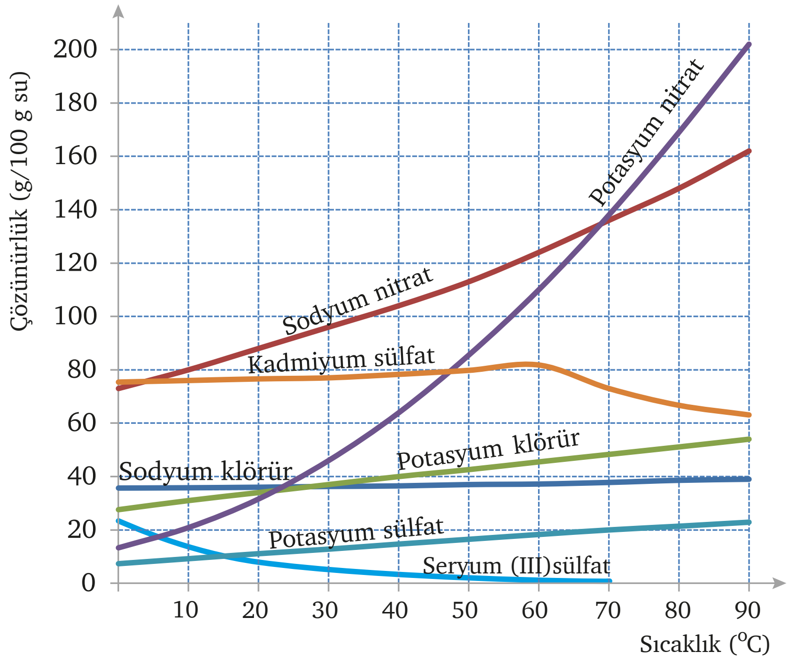
Grafik 3.5.1: Katıların çözünürlüğü genellikle sıcaklık arttıkça artar.

Çözücünün sıcaklığının artırılması, moleküllerinin ortalama kinetik enerjilerini artırarak daha fazla çözünmesini sağlar. Katı ve sıvıların çözünürlüğü genellikle endotermik olduğu için sıcaklık arttıkça çözünürlükleri artar (Grafik 3.5.1).

$$X(k) + Enerji \longrightarrow X(suda)$$

Sıcaklık arttığında çözünürlüğü azalan çok az katı vardır. Kadmiyum sülfat gibi katılar çözünürlüğü sıcaklıkla azalan katılara; sodyum nitrat, potasyum nitrat, potasyum klorür de çözünürlüğü sıcaklıkla artan katılara örnek verilebilir.

Grafik 3.5.2'de bazı tuzların farklı sıcaklıklardaki sıcaklık-çözünürlük grafiği verilmiştir.



Grafik 3.5.2: Bazı tuzların farklı sıcaklıklardaki sıcaklık-çözünürlük değişimi

Grafik 3.5.2'yi yorumlayarak aşağıdaki soruları boş bırakılan yerlere cevaplayınız.

1. Grafikte verilen tuzlardan hangileri endotermik olarak çözünmüştür?

....

2. Grafikte ekzotermik olarak çözünen tuz var mıdır?

....

3. Hangi tuzların çözünürlüğü sıcaklık artışından daha fazla etkilenmiştir?

....

4. Grafikte verilen tuzların aynı sıcaklıktaki davranışları aynı mıdır?

....

5. Grafikten yararlanarak katılar için çözünürlüğün ayırt edici özellik olduğu söylenebilir mi?

....

Belirli sıcaklık ve basınçta çözünen bir maddenin sıcaklığı düşürüldüğünde çözünürlüğü genellikle azalır. Çözünürlüğü azalan katı tekrar çökmeye başlar. Sıcaklığın düşmesiyle çözünürlüğü azalan katı düzgün geometrik şekilli katılar oluşturur. Bu olaya **kristallendirme** denir.

Kristallenen bir katının, sıcaklığı artırılarak veya çözücü ilave edilerek tekrar çözünmesi sağlanabilir.

Seyreltik bir çözeltiye çözünen ilave edilerek veya çözücü buharlaştırılarak çözelti derişik hâle getirilebilir. Tuzların farklı sıcaklıklardaki çözünürlüklerinden faydalanılarak deriştirme ve kristallendirme hesapları yapılabilir.

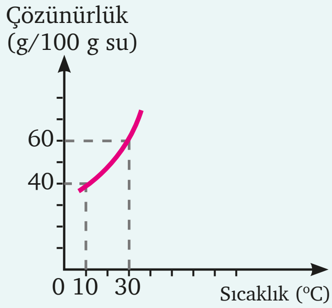
DERİŞTİRME VE KRİSTALLENDİRME HESAPLAMALARI

ÖRNEK VE ÇÖZÜM

Örnek

1. Bir katının sudaki çözünürlüğü 25 °C'ta 40 g/100 g su, 60 °C'ta 60 g/100 g sudur. 60 °C'ta 200 gram suda bir miktar katı çözünerek hazırlanan çözeltinin sıcaklığı 25 °C'a düşürüldüğünde 10 gram katı çöküyor. **Buna göre başlangıçta kaç gram katı çözünmüştür?**

2.



Yukarıda bir tuzun çözünürlük sıcaklık grafiği verilmiştir. 30 °C'ta 320 gram doymuş çözeltinin sıcaklığı 10 °C'a düşürüldüğünde tuzun bir kısmı çöküyor. **Çöken tuzu çözmek için 10 °C'ta çözeltiye kaç gram su eklemek gerekir?**

3.

Sıcaklık (°C)	Çözünürlük (g/100 g su)
10	60
20	80

Yukarıdaki tabloya göre 10 °C'ta 400 gram suda 200 gram X katısı çözünüyor. **Sıcaklık 20 °C'a çıkarıldığında çözeltinin doymuş olması için kaç gram katı eklenmelidir?**

Çözüm

1. 25 °C'ta

100 g suda 40 g katı
200 g suda X
X = 80 g katı çözünebilir.

Başlangıçta 10 + 80 = 90 g tuz çözünmüştür.

2. 30 °C'ta 100 + 60 = 160 g çözelti

160 g çözelti 60 g tuz
320 g çözelti x
x = 120 g tuz

320 g çözeltinin 120 gramı tuz olduğuna göre 320-120=200 gramı sudur.

100 g suyun sıcaklığı 30 °C'tan 10 °C'a düşürüldüğünde 60-40=20 g tuz çöker.

100 g su 20 g tuz
200 g su x
x = 40 g tuz

10 °C'ta 40 g tuzu çözmek için 100 g su ilave edilmelidir.

3. 20 °C'ta 100 g su 80 g
400 g su x
x = 320 g katı

320 - 200 = 120 g daha katı eklenmelidir.

ÖRNEK VE ÇÖZÜM

Örnek

1. 40 °C'ta 130 gram çözelti 80 gram su içeriyor. Çözeltinin sıcaklığı 20 °C'a düşürüldüğünde 34 gram tuz çöküyor. 20 °C'ta X'in çözünürlüğü kaçtır?

Çözüm

1. 130 - 80 = 50 g tuz 20 °C'ta 50 - 34 = 16 g tuz çözünüyor.

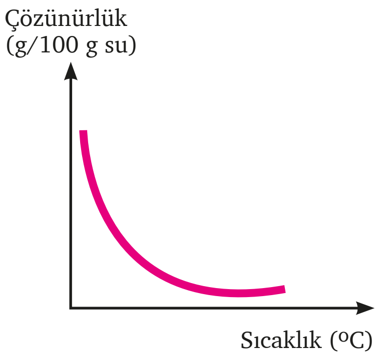
80 g suda 16 g tuz
100 g su x

x = 20 g tuz çözünebilir. Çözünürlük $\frac{20\ g}{100\ g}$ su olur.

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. 40 gram tuz içeren 200 gram KCl tuzu çözeltisine aynı sıcaklıkta 20 gram daha KCl tuzu eklendiğinde çözelti doygun hâle geliyor. KCl tuzunun aynı sıcaklıktaki çözünürlüğü kaçtır?

GAZLARIN ÇÖZÜNÜRLÜĞÜNE SICAKLIK VE BASINÇ ETKİSİ

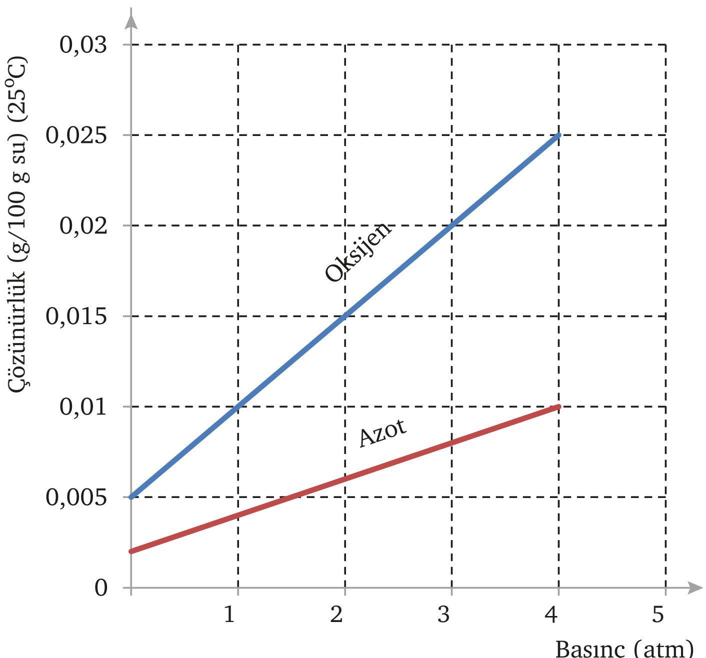


Grafik 3.5.3: Gazların çözünürlük sıcaklık ilişkisi

Sıcaklığın Etkisi: Gazların çözünürlüğü sıcaklık arttıkça azalır. Balıkçıların balık tutmak için derin suları seçmesinin nedenlerinden biri su derinliği arttığında suyun sıcaklığının düşmesidir. Düşük sıcaklıkta oksijen gazının çözünürlüğü fazla olduğundan su altında yaşayan canlıların derin sularda bulunma olasılığı daha fazla olur. Gazlı içeceklerin soğuk içilmesinin nedeni de düşük sıcaklıkta daha fazla karbon dioksit gazı çözünmesinden kaynaklanır. Sıcak ortamda şişede bekletilen suyun içinde bir süre sonra kabarcıklar oluşmasının nedeni de ısı ile suda çözünen oksijen gazının çözünürlüğünün azalmasıdır. Gazların çözünürlüğü ekzotermik olduğu için sıcaklık arttıkça çözünürlükleri azalır (Görsel 3.5.3).

$X(g) \longrightarrow X(suda) + Enerji$

Basınç Etkisi: Basınç katı ve sıvıların çözünürlüğünü çok fazla etkilemediği hâlde gazların çözünürlüğü basınç arttıkça artar (Görsel 3.5.4).



Grafik 3.5.4: Gazların çözünürlük basınç ilişkisi

Scuba (sukuba) dalgıçlığı yapanların (Görsel 3.5.2) vurgun yemesinin nedeni gazların çözünürlüğüne basıncın etkisi ile açıklanabilir.

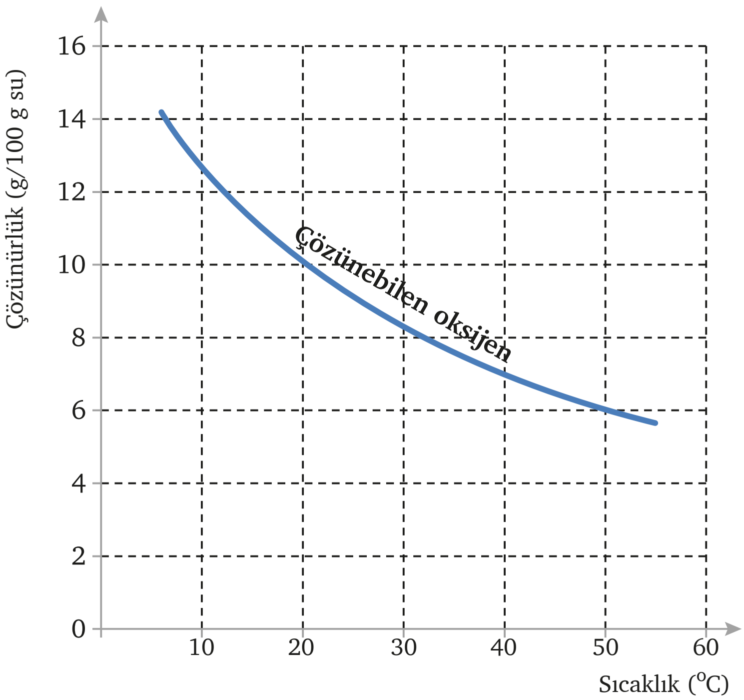
Dalgıçların basınçlı havayı soluması veya yüksek basınçlara maruz kalması kan ve dokularda çözünen azot gazı miktarını artırır. Denizin derinliklerindeki dalgıç yüzeye çok hızlı dönerse basınçtaki azalma nedeniyle azot daha az çözünür hâle geldiği için kanda kabarcıklar oluşturur. Oluşan azot gazı kabarcıkları dalgıçlarda sağlık sorunlarına neden olabilir (vurgun olayı). Bu sorunu azaltmak için dalgıçların kullandığı oksijen tüplerinde oksijen ve helyum karışımı kullanılır. Helyum kanda çözünmediği için çözünen gaz miktarı daha az olur. Vurgun olayına maruz kalan insanlar basınç odalarında tedavi edilebilir.

Gazların çözünürlüğüne basınç etkisinin bir örneği de gazlı içeceklerin kapağı açıldığında oluşan şiddetli gaz çıkışıdır. Kapak kapalıyken yüksek basınç nedeniyle çok çözünen CO_2 gazı kapak açıldığında basınç azaldığı için serbest hâle geçer.

Grafik 3.5.4 ve 3.5.5'te gazların çözünürlüğünün sıcaklık ve basınçla değişimi verilmiştir. Grafiği inceleyerek verilen soruların cevaplarını boş bırakılan yerlere yazınız.



Görsel 3.5.2: Scuba dalgıcı



Grafik 3.5.5: Gazların çözünürlük sıcaklık ilişkisi

1. Gazların çözünürlüğü ile sıcaklık arasındaki ilişkiyi yorumlayınız.

....
....
....

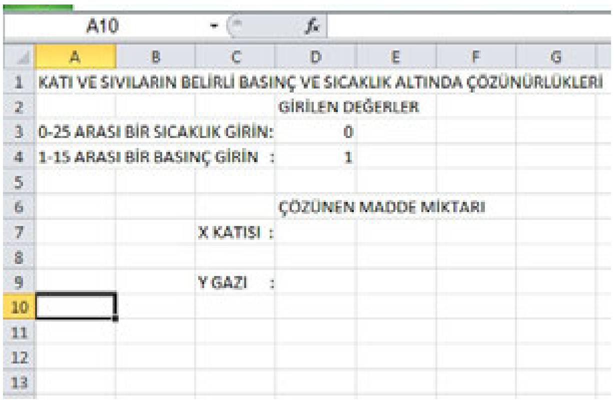
2. Gazların çözünürlüğü ile basınç arasındaki ilişkiyi yorumlayınız.

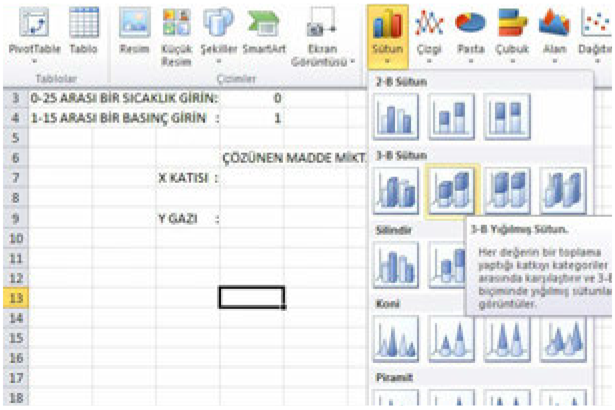
....
....
....

ELEKTRONİK TABLOLAMA PROGRAMI KULLANARAK ÇÖZÜNÜRLÜĞÜN SICAKLIK VE BASINÇLA İLİŞKİSİNİN KURGULANMASI

Katı ve gaz hâlde bulunan maddelere uygulanan sıcaklık ve basınç değişimi maddelerin çözünürlüklerinde farklılık gösterir. Bu farklılıkları daha iyi gözlemleyebilmek için X katısı ve Y gazının sıcaklık ve basınç altındaki davranışları incelenebilir. Bilgisayar ya da etkileşimli tahtalarda elektronik tablolama programı kullanılarak aşağıdaki anlatım basamakları uygulandığında küçük bir program yapılabilir. Yapılan bu program sayesinde girilen basınç (1-10 arası) ile sıcaklığın (0-25 ^{o}C arası) maddeler üzerinde nasıl bir etkiye sahip olduğu gözlenebilir.

1. Program çalıştırıldıktan sonra Görsel 3.5.3.a'da görülenler hücre yerleri değiştirilmeden yazılır.





Görsel 3.5.3: Elektronik tablolama

a) Hücreleri doldurma ve veri girme **b)** Grafik seçimi

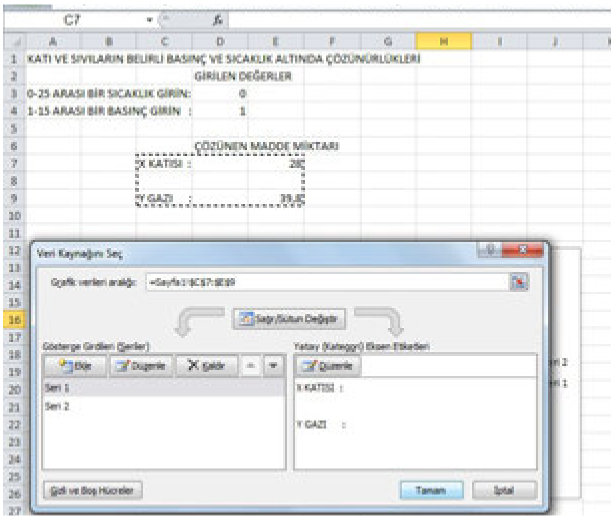
2. D7 hücresine **=YUVARLA((ÇARPIM(0,2934;D3)+27,6);0)** programı, D9 hücresine de **=(39,8-D3*0,728)*D4** programı yazılır.

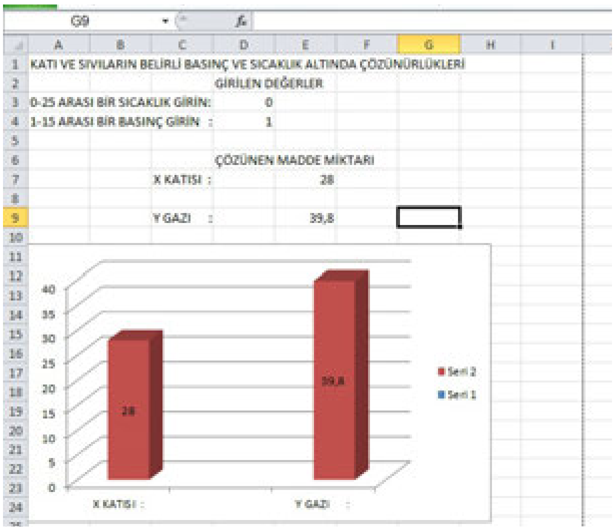
3. Daha sonra çalışma sayfasındaki boş bir hücre fareyle işaretlenir ve sırasıyla tablonun üstünde yer alan "Ekle", "Grafikler", "Sütun", "3-B Sütun" ve sarı çerçeveli "3B Yığılmış Sütun" seçenekleri işaretlenerek çalışma sayfasında grafik tablosunun çıkması sağlanır (Görsel 3.5.3.b).

4. Çıkan tablonun üzerinde farenin sağ tuşuna basılır, "Veri Seç" bölümü işaretlenir. C7 ve C9 hücrelerinden itibaren farenin sol tuşuna basılıyken D7 ve D9 hücreleri Görsel 3.5.4.a'da kesik çizgilerle görülen bölüm işaretlenir ve "Tamam" tuşuna basılır.

5. Grafikteki kırmızı çubukların üstüne gelinerek farenin sol tuşuna, sonra sağ tuşuna basılarak çıkan bölümden "Veri Etiketleri Ekle" işaretlenir. Aynı uygulama diğer çubuk için de yapılır.

6. Program hazır hâle gelmiştir. D3 ve D4 hücrelerine girilen basınç ve sıcaklık değiştirilerek çıktılar ve grafik üzerindeki değişimler görülebilir (Görsel 3.5.4.b).





Görsel 3.5.4: Elektronik tablolama

a) Tabloya veri girme **b)** Elde edilen grafik

ÜNİTEYİ BİTİRİRKEN

Aşağıdaki metinde boş bırakılan yerleri yanda verilen uygun sözcüklerle doldurunuz. Verilen soruları cevaplayınız.

İki veya daha fazla maddenin birbiri içinde gözle görülmeyecek kadar küçük parçacıklar hâlinde homojen dağılmasına çözünme denir. Çözünme gerçekleşirken kimyasal türler arasında farklı etkileşimler olur. Su ve hidroklorik asit gibi polar iki molekül birbiri ile etkileştiğinde (a)................................... etkileşimleri, iyonik bileşikler polar bir çözücü ile etkileştiğinde (b)...................... etkileşimi gerçekleşir. (c)....................... gibi apolar moleküller birbiri ile etkileşirse indüklenmiş dipol-indüklenmiş dipol etkileşimi gerçekleşir. Su ve amonyak birbiri içinde çözünürken aralarında (ç)................................ oluşur.

Çözelti içinde çözünen madde miktarları belirtilirken farklı derişim birimleri kullanılır. 1 litre çözeltide çözünen maddenin mol sayısına (d)..................................., 1 kilogram çözücüde çözünen maddenin mol sayısına (e)........................... denir. Çözelti hazırlarken derişim birimi olarak (f)........................... veya hacimce yüzde birimi de kullanılabilir. Çok seyreltik çözeltilerde milyonda bir kısım anlamına gelen (g)...................... kullanılır. Çözeltilerin buhar basıncı, kaynama noktası yükselmesi, donma noktası alçalması, ozmoz gibi derişime bağlı özelliklerine (h)..denir. Saf çözücüye tuz attığımızda kaynama durur. Bu olayın nedeni kaynama noktası yükselmesidir. Çözeltinin donma noktası saf çözücünün donma noktasından (ı).......................... Soğuk günlerde yolların tuzlanmasının nedeni de (i).................................düşürmektir.

Su moleküllerinin saf çözücüden çözeltiye doğru yarı geçirgen bir zardan geçme eğilimine (j)........................ denir. Enerji kullanarak derişik çözeltiden seyreltik çözeltiye madde geçişine ise (k).............................. denir. Bu yöntemden su arıtılmasında yararlanılır.

- **ters ozmoz**
- **hidrojen bağı**
- **molalite**
- **dipol-dipol**
- **CH_4, O_2**
- **kütlece yüzde**
- **molarite**
- **ppm**
- **koligatif özellikler**
- **düşüktür**
- **ozmoz**
- **iyon-dipol**
- **donma noktasını**

1. Dipol-dipol etkileşimine bir örnek veriniz.

2. İyon-dipol etkileşimine bir örnek veriniz.

3. Kaynama noktası yükselmesine günlük yaşamdan örnek veriniz.

4. Donma noktası alçalmasına günlük yaşamdan örnek veriniz.

5. Derişim birimleri nelerdir?

6. Ozmoz ve ters ozmoz yönteminin kullanıldığı alanlara örnek veriniz.

7. Aşağıda verilen tanımları kavramlarla eşleştiriniz.

I	Bir başka çözeltiye göre birim hacimde çözüneni az olan çözelti	a ( )	Hacimce yüzde
II	Bileşenlerden birinin mol sayısının o çözeltiyi oluşturan tüm bileşenlerin mol sayıları toplamına oranıdır.	b ( )	Seyreltik çözelti
III	Çözeltinin 100 gramında çözünen maddenin gram cinsinden miktarına denir.	c ( )	Kütlece yüzde
IV	Genellikle sıvı-sıvı karışımları için kullanılan derişim birimidir.	ç ( )	Mol kesri

8. 0,4 M olan $C_6H_{12}O_6$ çözeltisinde 3,60 gram $C_6H_{12}O_6$ bulunduğuna göre çözeltinin hacmini mL olarak hesaplayınız. ($C_6H_{12}O_6$: 180 g/mol)

9. 2,8 gram KOH'ten 0,2 M'lık kaç mL çözelti hazırlanabilir? (KOH: 56 g/mol)

10. 500 mL 0,3 M $Ba(OH)_2$ çözeltisinde kaç gram $Ba(OH)_2$ çözünmüştür? ($Ba(OH)_2$: 171 g/mol)

11. 4,9 gram H_2SO_4 500 mL suda çözündüğünde çözeltinin molaritesi ne olur?(H_2SO_4: 98 g/mol)

12. 0,2 M 200 mL tuz çözeltisi ile 0,3 M 200 mL tuz çözeltisi karıştırılırsa yeni çözeltinin molaritesi ne olur?

13. 400 gram suda 0,4 mol NaCI çözülüyor ve hazırlanan çözeltiye 600 gram su ekleniyor. **Kaynama noktası yükselmesini bulunuz.** (K_k: 0,52 ^oC/m)

14. %20'lik 400 gram tuz çözeltisini %10'a seyreltmek için kaç gram su eklenmelidir?

15. 420 gram suda 140 gram şeker çözülüyor. Hazırlanan çözeltinin kütlece % derişimi ne olur?

16. Özkütlesi 1,4 g/mL olan %20'lik 300 mL KOH çözeltisinde kaç gram KOH çözünmüştür? (KOH: 56 g/mol)

17. 0,5 M'lık 400 mL 'lik çözeltiye kaç mL su ilave edilirse çözelti 0,2 M'lık olur?

18. Çözünürlük, 100 gram çözücüde kaç gram madde çözündüğünü belirtir. **200 gram çözücüde 80 gram tuz çözündüğüne göre tuzun çözünürlüğünü bulunuz.**

19. Sodyum nitratın 10 ^oC'taki çözünürlüğü 80 g/100 g su, 60 ^oC'taki çözünürlüğü ise 124 g/100 g sudur. **60 ^oC'ta 300 gram su ile hazırlanan çözeltinin sıcaklığı 10 ^oC'a düşürüldüğünde kaç gram sodyum nitrat çöker?**

20. Potasyum klorürün 40 ^oC'taki çözünürlüğü 40 g/100 g sudur. **Aynı sıcaklıkta 420 gram çözeltide kaç gram potasyum klorür bulunur?**

21. Aşağıdaki madde çiftlerinden kaç tanesinin karışması sonucu bir çözelti elde edilir? Etkileşim türlerini yazarak açıklayınız. ($_1H$, $_6C$, $_8O$, $_{17}Cl$)

Madde Çifti	Etkileşim Türü
I. KF – H_2O	....
II. HCI – H_2O	....
III. I_2 – CCI_4	....
IV. CH_3OH – CH_4	....
V. C_2H_5OH – H_2O	....

22. Aşağıdaki bileşimi verilen çözeltilerden hangisinde çözücü ile çözünen arasındaki etkileşim <u>yanlıştır</u>?

	Çözücü	Çözünen	Etkileşim
A)	H_2O	NaCl	İyon-dipol
B)	H_2O	HF	Hidrojen bağı
C)	CO_2	CCl_4	London
D)	H_2O	H_2S	Dipol-dipol
E)	H_2O	CH_4	Hidrojen bağı

23. Aşağıdaki işlemlerin hangisinde çözünme olmaz?

A) Çaya şeker katılması
B) Suya kolonya damlatılması
C) Yağ lekelerinin benzinle temizlenmesi
D) Suya buz katılması
E) Gazoz yapımında basınçlı gaz kullanılması

24. I. kap: 50 g su + 10 g şeker
II. kap: 100 g su + 14 g şeker
III. kap: 200 g su + 45 g şeker

Yukarıdaki kaplarda bulunan su içine belirtilen miktarlarda şeker atılıp şekerin çözünmesi sağlanıyor.

Buna göre oluşan çözeltilerin derişiklikleri aşağıdakilerin hangisinde doğru verilmiştir?

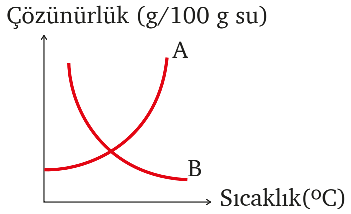
A) I > II > III B) III > I > II C) III > II > I
D) I > III > II E) II >I > III

25. KNO_3 tuzunun sudaki çözünürlüğü 25 g/100 g sudur.

Buna göre kütlece %15'lik 400 gram KNO_3 çözeltisini doyurmak için aynı sıcaklıkta kaç gram KNO_3 tuzu gerekir?

A) 15 B) 20 C) 25 D) 30 E) 45

26. A ve B katılarının sudaki çözünürlükleri grafikte veriliyor.



İçinde bir miktar A ve B katısı çözünerek hazırlanan A ve B'nin doymuş çözeltileri ısıtılıyor.

Çözeltideki A ve B derişimleri için aşağıdakilerden hangisi doğrudur? (Çözelti hacminin değişmediğini varsayın.)

	A derişimi	B derişimi
A)	Azalır	Artar
B)	Değişmez	Azalır
C)	Azalır	Değişmez
D)	Artar	Değişmez
E)	Artar	Azalır

27.

	Aynı şartlarda çözünen madde mol sayıları eşit olan tuzlu su şekerli sudan daha çabuk kaynar.
	Aynı sıcaklıkta saf suyun buhar basıncı tuzlu sudan yüksektir.
	Buhar basıncı alçalması, kaynama noktası yükselmesi ve ozmoz çözeltilerin koligatif özelliğidir.
	Bütün katıların çözünürlüğü sıcaklık arttıkça azalırken gazların çözünürlüğü sıcaklık arttıkça artar.

Yukarıdaki bilgileri doğru (D) veya yanlış (Y) olarak dolduran bir öğrenci, tüm soruları uygun olarak cevapladığında aşağıdaki seçeneklerden hangisine ulaşır?

A) D, D, Y, Y B) D, D, D, Y C) Y, D, Y, Y
D) D, Y, Y, D E) Y, D, D, Y

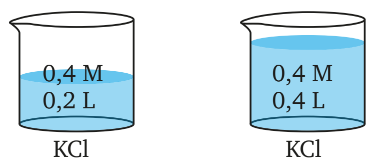
28. Kuru temizlemede kullanılan CCl_4 ile ilgili

I. Yağ molekülleri ile aralarında London kuvvetleri oluştuğu için yağı çözer.
II. NaCl ile aralarında iyon dipol etkileşimi vardır.
III. Apolar bir bileşik olan benzen (C_6H_6) ile emülsiyon oluşturur.
IV. H_2O ile aralarında dipol-dipol etkileşimi vardır.

ifadelerinden hangisi ya da hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız III C) I, II ve III
D) I ve IV E) I, II, III ve IV

29.



Kaplardaki çözeltiler için

I. Kaynama noktaları
II. Aynı sıcaklıktaki buhar basınçları
III. Çözünen maddenin mol sayıları

niceliklerinden hangisi veya hangileri aynı olur?

A) Yalnız I B) Yalnız III C) I ve ll
D) I ve III E) I, II ve III

4. ÜNİTE KİMYASAL TEPKİMELERDE ENERJİ





ANAHTAR KAVRAMLAR

* Bağ Enerjisi
* Ekzotermik Tepkime
* Endotermik Tepkime
* Entalpi
* Hess Yasası
* Standart Oluşum Entalpisi
* Tepkime Entalpisi

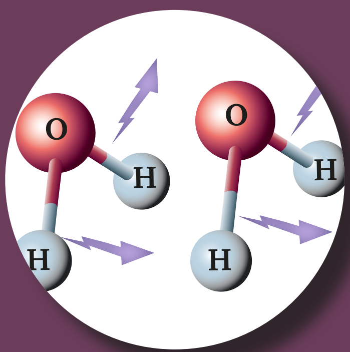
BÖLÜMLER



TEPKİMELERDE ISI DEĞİŞİMİ



OLUŞUM ENTALPİSİ



BAĞ ENERJİLERİ



TEPKİME ISILARININ TOPLANABİLİRLİĞİ

ÜNİTEYE BAŞLARKEN

1. Kimyasal tepkimelerde moleküllerin hızı, hareketi, birbirleriyle etkileşimi sırasındaki enerji değişimini kimyanın hangi alt disiplini inceler?

2. Bağ enerjisi nedir? Hesaplamalarda hangi birim kullanılır?

3. Kimyasal türleri birbirinden ayırmak için gerekli enerji yaklaşık 40 kj'den büyükse hangi etkileşim sınıfına girer?

4. Kimyasal tepkimelerde bağ kopması endotermik mi, ekzotermik midir? Belirtiniz.

5. Aşağıda verilen cümlelerdeki boş bırakılan yerleri uygun sözcüklerle doldurunuz.

- Elektronun dışarıdan enerji alarak daha yüksek enerji düzeyine geçmesine atomun .... hâli denir. Atom bu hâlde kararsızdır.
- Kimyasal tepkimelerde girenlerin ve ürünlerin toplam kütlesi ve toplam enerjisi ....
- Bütün kimyasal tepkimelere eşlik eden .... değişimi vardır.
- MgO bileşiğinde atomlar arasındaki bağı kırmak için gerekli enerji CH_3OH molekülleri arasındaki bağı kırmak için gerekli enerjiden çok daha ....tür. Çünkü bileşikte bulunan atomlar arasındaki etkileşim ...., CH_3OH molekülleri arasındaki etkileşim zayıftır.

6. Aşağıda verilen tablodaki ifadeleri okuyarak ifadeler doğru ise "D", yanlış ise "Y" harfini işaretleyiniz. Yanlış olarak işaretlediğiniz ifadelerin karşısına doğrusunu yazınız.

İfadeler	Karar	Doğrusu
Elektronlar çekirdeğin etrafında aynı enerji düzeyinde bulunur.	( ) D ( ) Y	
Yeteri kadar enerji verilirse atomdaki tüm elektronlar koparılabilir.	( ) D ( ) Y	
Bir bileşiğin ısı veya elektrik enerjisiyle daha küçük kimyasal türlere ayrışmasına sentez tepkimesi denir.	( ) D ( ) Y	
Kimyasal türleri bir arada tutan çekim kuvveti ne kadar büyükse verilmesi gereken enerji de o kadar fazla olur.	( ) D ( ) Y	

7. Aşağıdaki tabloda verilen tepkimelerle ilgili boşlukları doldurarak tepkimelerin güçlü ya da zayıf olmasının nedenini açıklayınız.

Olay	Enerji Alınır veya Verilir	Olay Endotermik veya Ekzotermik	Bağ Oluşur veya Kopar
$C_2H_6O(s) + 42{,}3\ kj/mol \longrightarrow C_2H_6O(g)$			
$C_6H_6(g) \longrightarrow C_6H_6(s) + 33{,}8\ kj/mol$			
$Na^+(g) + I^-(g) \longrightarrow NaI(k) + 700\ kj/mol$			



1. BÖLÜM: TEPKİMELERDE ISI DEĞİŞİMİ

NELER KAZANILACAK? **Tepkimelerde meydana gelen enerji değişimleri açıklanırken**

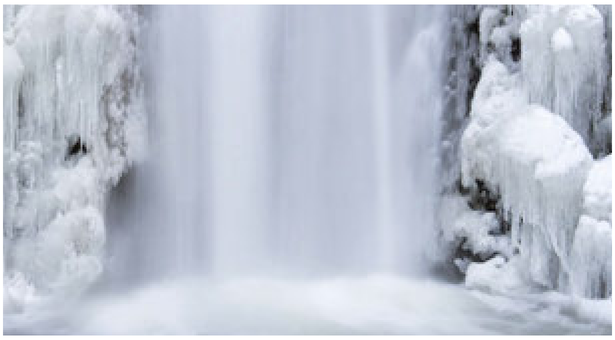
a) Tepkimelerin ekzotermik veya endotermik olması ısı alışverişiyle ilişkilendirilecek,

b) Ekzotermik ve endotermik tepkimelerin açıklanmasında bilişim teknolojilerinden (animasyon, simülasyon, video vb.) yararlanılacaktır.

4.1.1. TEPKİMELERDE MEYDANA GELEN ENERJİ DEĞİŞİMLERİ



Görsel 4.1.1: Sakurajima Yanardağı



Görsel 4.1.2: Multnomah Şelalesi

Görsel 4.1.1'deki Sakurajima (Sakuracima) Yanardağı son 45 yılda patlama sayısı en fazla olan yanardağdır. Yanardağlar Dünya'nın iç tabakalarında bulunan yüksek basınç ve yüksek sıcaklıkta erimiş kayaları dışarı püskürtür. Yanardağ patlaması sonucunda çevreye lav olarak yayılan magma büyük miktarda ısı ve ışık enerjisi yayar. Yanardağlar aktifleştiklerinde yaklaşık 600 °C sıcaklıktaki kül, toz ve gaz karışımı çıkarabilir. Yanardağların sahip olduğu enerji toprak kaymaları ve depremlere neden olabilir. Ayrıca gerçekleşen tepkimeler sonucunda zehirli gazlar oluşabilir (CO, SO_2, H_2S, CH_4, Hg gibi).

Yanardağ patlamaları enerji veren kimyasal olaylardan biridir. Enerji veren olaylar olduğu gibi enerji alan olaylar da vardır. Görsel 4.1.2'deki Multnomah (Mulnomah) Şelalesi 3 m'lik genişliğe ve 189 m yüksekliğe sahiptir. Kış aylarında donan ender şelalelerden biridir. Multnomah Şelalesi donarken verdiği kadar ısıyı erirken tekrar alır. Suyun donması ısı veren, buzun erimesi ise ısı alan bir olaydır.

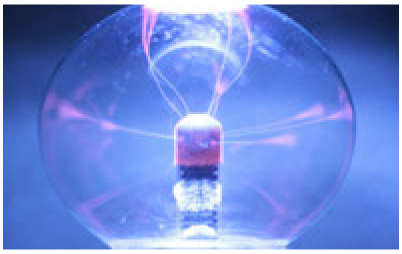
Isınma, soğuma, erime, donma olaylarında olduğu gibi tüm fiziksel, kimyasal veya nükleer olaylar gerçekleşirken sistem enerji alır veya enerji verir. Sistemin enerji alışverişine göre tepkimeler **endotermik** ve **ekzotermik** olarak sınıflandırılır.

GELECEĞİN NOBEL ÖDÜLÜ ADAYLARINA

İzlanda'da 2009 yılında bir sondaj makinesinin kazayla yerin sadece bir buçuk kilometre altında magma tabakası tespit etmesi, lavdan enerji üretilebileceği fikrinin ortaya çıkmasına neden oldu. Üretilecek 400 derecelik buharla santral türbinlerinin döndürülmesi sağlanacaktır. Projenin alternatif enerji kaynağı olarak faydaları, avantajları ve oluşturabileceği tehlikeler hakkında bilgi toplayınız. Enerji elde edilebilecek kimyasal tepkimeleri araştırarak yeni proje konusu geliştiriniz.



Görsel 4.1.3: Buzulların erimesi



Görsel 4.1.4: Plazma küresinde iyonlaşma



Görsel 4.1.5: Şimşek çakarken havadaki azot gazı yanar.

ENDOTERMİK TEPKİME

Dışarıdan ısı (enerji) alarak gerçekleşen tepkimelere **endotermik tepkime** adı verilir. Isı, girenler bölümüne yazılır. İstenirse tepkimenin gerçekleştiği sıcaklık değeri okun üzerine yazılır.

$X + Y + ısı \longrightarrow Z + T$

$C_2H_4(g) + H_2O(g) \xrightarrow{280\ ^oC} C_2H_5OH(g)$

$NaI(k) + 700\ kj/mol \longrightarrow Na^+(g) + I^-(g)$

Ayrıca sıcaklığa ihtiyaç duyulan bir tepkimede ısı miktarını belirtmek için okun üzerine ısı veya delta (Δ) yazılabilir.

$C_2H_4(g) + H_2O(g) \xrightarrow{\Delta} C_2H_5OH(g)$

Isı alarak gerçekleşen bazı fiziksel ve kimyasal olaylar aşağıda verilmiştir.

- Düzenli tanecik yapılarından düzensiz yapılara geçiş,

  $X(k) + Enerji \longrightarrow X(s)$ erime

  $X(s) + Enerji \longrightarrow X(g)$ buharlaşma

  $X(k) + Enerji \longrightarrow X(g)$ süblimleşme

  $H_2O(k) + Enerji \longrightarrow H_2O(s)$ (Görsel 4.1.3)

  $CH_3OH(s) + Enerji \longrightarrow CH_3OH(g)$

  $CO_2(k) + Enerji \longrightarrow CO_2(g)$

- Birçok katının suda çözünmesi,

  $C_6H_{12}O_6(k) + Enerji \xrightarrow{H_2O(s)} C_6H_{12}O_6(suda)$

  $KNO_3(k) + Enerji \xrightarrow{H_2O(s)} K^+(suda) + NO_3^-(suda)$

- Bir atomdan elektron koparılması yani katyon oluşumu,

  $X(g) + Enerji \longrightarrow X^+(g) + e^-$ (iyonlaşma enerjisi) (Görsel 4.1.4)

  $Ca(g) + Enerji \longrightarrow Ca^{2+}(g) + 2e^-$

- Birçok analiz (ayrışma) tepkimeleri,

  $2H_2O(s) + Enerji \longrightarrow 2H_2(g) + O_2(g)$ (elektroliz)

  $KClO_3(k) \xrightarrow{ısı} KCl(k) + \frac{3}{2}O_2(g)$

- Kimyasal türleri birbirinden ayırmak (bağ kırılması) endotermiktir.

  $H_2(g) + Enerji \longrightarrow 2H\bullet(g)$

  $O_2(g) + Enerji \longrightarrow \bullet O(g) + \bullet O(g)$

- Ayrıca yanma olaylarından yalnızca azotun (N_2) yanması endotermik olarak gerçekleşir (Görsel 4.1.5).

  $\frac{1}{2}N_2(g) + O_2(g) + 33,09\ kj \longrightarrow NO_2(g)$

e KAYNAK

Elektroliz ile ilgili aşağıdaki adresden yararlanılabilir.
http://www.eba.gov.tr/video/izle/9492580b1ba310eb41ee9038dddd171821062d09c001

? BİLİYOR MUSUNUZ?

Enerji: İş yapabilme kapasitesidir. Madde gibi enerji de yoktan var edilemez ya da var olan enerji yok edilemez. Enerji bir formdan başka bir forma dönüşebilir.

İç Enerji: Maddenin tüm taneciklerinin kinetik enerjileri ile taneciklerin birbirleriyle etkileşimlerinden doğan potansiyel enerjilerinin toplamıdır.

Isı: Madde ile ortam arasındaki sıcaklık farkından dolayı aktarılan enerjidir.

Sıcaklık: Moleküllerin hareketinin ortalama bir ölçüsüdür. Madde ile ortam arasında ısı akışının yönünü belirleyen hâl değişkenidir, enerji değildir.

EKZOTERMİK TEPKİME

Gerçekleşirken dışarı ısı (enerji) veren tepkimelere **ekzotermik tepkime** adı verilir. Çıkan ısı ürünler bölümüne yazılır.

$Z + T \longrightarrow X + Y + \text{Enerji}$

$Mg(k) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow MgO(k) + \text{Enerji}$

Dışarı ısı vererek gerçekleşen fiziksel ve kimyasal olaylardan bazıları aşağıda verilmiştir.

- Düzensiz yapıdan düzenli hâle geçişler,

  $X(s) \longrightarrow X(k) + \text{Enerji}$ donma

  $X(g) \longrightarrow X(s) + \text{Enerji}$ yoğuşma

  $X(g) \longrightarrow X(k) + \text{Enerji}$ kırağılaşma (Görsel 4.1.6)

  $H_2O(s) \longrightarrow H_2O(k) + \text{Enerji}$

  $CH_3OH(g) \longrightarrow CH_3OH(s) + \text{Enerji}$

  $CO_2(g) \longrightarrow CO_2(k) + \text{Enerji}$

- Gazların ve bazı katıların suda çözünmesi,

  $O_2(g) \xrightarrow{H_2O(s)} O_2(suda) + \text{Enerji}$

  $NaOH(k) \xrightarrow{H_2O(s)} Na^+(suda) + OH^-(suda) + \text{ısı}$

- Bazı atomların elektron alarak anyon oluşturması,

  $X(g) + e^- \longrightarrow X^-(g) + \text{Enerji}$ (elektron ilgisi)

  $F(g) + e^- \longrightarrow F^-(g) + \text{Enerji}$

- Bazı sentez (birleşme) tepkimeleri,

  $N_2(g) + 3H_2(g) \longrightarrow 2NH_3(s) + \text{Enerji}$

  $C(k) + \frac{1}{2}O_2(g) \xrightarrow{\text{ısı}} CO(g) + \text{Enerji}$

- Kimyasal türler arasında bağ oluşumu,

  $2N(g) \longrightarrow N_2(g) + \text{Enerji}$

  $\bullet O(g) + \bullet O(g) \longrightarrow O_2(g) + \text{Enerji}$

- Azotun (N_2) yanması hariç tüm yanma olayları (Görsel 4.1.7),

  $C(k) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + \text{Enerji}$

  $CH_4(g) + 2O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g) + \text{Enerji}$

- Nötralleşme (asit-baz) ile metal-asit tepkimeleri (Görsel 4.1.8) genellikle ekzotermiktir.

  $HCl(suda) + NaOH(suda) \longrightarrow NaCl(suda) + H_2O(s) + \text{Enerji}$

  $H^+(suda) + OH^-(suda) \longrightarrow H_2O(s) + \text{Enerji}$

  $3Cu(k) + 8HNO_3(suda) \longrightarrow 3Cu(NO_3)_2(suda) + 2NO(g)\ 4H_2O(s) + \text{Enerji}$

Her maddenin yapısında depoladığı bir enerjisi vardır. Bir sistemdeki taneciklerin titreşim, öteleme, dönme vb. hareketleri nedeniyle oluşan kinetik enerjileri ve birbirleriyle etkileşiminden doğan potansiyel enerjileri maddenin toplam enerjisini oluşturur. Sistemin sahip olduğu bu toplam enerji **ısı kapsamı, potansiyel enerji, tepkime ısısı** veya **entalpi** olarak tanımlanır, **H** harfi ile gösterilir.

Sabit basınç altında gerçekleşen bir tepkimede alınan ya da verilen ısı miktarına **entalpi** adı verilir.

ARAŞTIRINIZ

Artan enerji ihtiyacını karşılamaya yönelik temiz, ekonomik ve kullanışlı alternatif enerji kaynaklarını araştırarak çalışma oluşturunuz. Bu konuda bir poster hazırlayınız. Hazırladığınız posteri sınıf panosuna asarak arkadaşlarınızla paylaşınız.



Görsel 4.1.6: Kırağılaşma



Görsel 4.1.7: Kâğıdın yanması



Görsel 4.1.8: Asidin bakır metaline etkisi

BİLİYOR MUSUNUZ?

Yüksek enerjili, kararsız ortaklanmamış bir ya da daha fazla elektron içeren atom ya da atom gruplarına radikal denir. Radikaller ortaklanmamış elektronlarıyla ya da tek nokta ile gösterilir.

Uluslararası birim sisteminde (SI) entalpi, kj (kilojoule) veya kj/mol (kilojoule/mol) cinsinden hesaplanır.

Bir tepkimenin entalpi değişimi

- Tepkimedeki maddelerin fiziksel hâline,
- Tepkime ortamının sıcaklık ve basıncına,
- Tepkimedeki madde miktarına bağlıdır. Tepkimenin entalpi değişimi izlenen yola ve katalizöre bağlı değildir.
- Tepkimede izlenen yol ΔH değerini değiştirmez. Bir tepkimenin entalpi farkı tepkimenin yalnızca ilk ve son hâline bağlıdır. Bir tepkime farklı yollardan gerçekleşebilir. Tepkimenin tek basamakta ya da art arda izlenen birkaç basamakta gerçekleşmesi, sonucu değiştirmediği için tepkime entalpisini değiştirmez. Örneğin zemin katta bulunan bir birey 3. kata gitmek istiyorsa farklı yollardan bu kata ulaşabilir, çıktığı yükseklik değişmez.
- Tepkimede katalizör (tepkimeyi hızlandıran madde) kullanılması ΔH değerini değiştirmez, sadece tepkimenin süresini değiştirir.

BİLİYOR MUSUNUZ?

Ara hâller ne olursa olsun bir sistemin durumunun sadece başlangıç ve son hâllerine bağlı olmasına **hâl fonksiyonu** denir. Maddenin bulunduğu duruma nasıl geldiği izlediği yola bağlı değildir.

Kimyasal tepkimeler sırasındaki ısı alışverişi tepkimenin incelenmesinde önemli bir yer tutar. Bütün kimyasal tepkimelerde ürünlerin toplam entalpisi girenlerin toplam entalpisinden farklıdır. Tepkimeye giren ve tepkime sonunda oluşan maddelerin entalpilerinin farklılığı tepkimenin ısı alarak veya ısı vererek gerçekleşmesine neden olur.

Entalpi bir hâl fonksiyonu olduğu için miktarı doğrudan ölçülemez. Ancak sistemin ilk ve son hâlleri arasındaki entalpi farkı ölçülebilir. Bu nedenle entalpi değişiminden (ΔH) söz edilir. Bir tepkimenin entalpi değişimi

ΔH = ürünlerin entalpi toplamı – girenlerin entalpi toplamı

$\Delta H = \Sigma H_{ürünler} - \Sigma H_{girenler}$ şeklinde gösterilir.

Sabit basınçta sistem dışarıdan ısı aldığında sistemin entalpisi artar. Sistemden dışarıya ısı verilirse sistemin entalpisi azalır.

Endotermik tepkimelerde oluşan ürünlerin entalpileri toplamı, tepkimeye giren maddelerin entalpileri toplamından daha büyük olduğu için ΔH "+"dır ve sistem ısı alır.

Örneğin $X + Y + \text{ısı} \longrightarrow Z + T$ tepkimesi için

$H_{ürün} > H_{giren}$ $\Delta H = H_{ürün} - H_{giren}$ formülüne göre

$\Delta H > 0$ olur yani ΔH değeri "+" işaretlidir.

Endotermik tepkimelerde entalpi değişimi

$X + Y + 70\ kj \longrightarrow Z + T$ veya

$X + Y \longrightarrow Z + T \quad \Delta H = +70\ kj$

şeklinde ifade edilir. Endotermik tepkimelerde tepkimenin sürekliliği için ısı gereklidir. Isı kesildiğinde tepkime durur. Bu nedenle endotermik tepkimeler genellikle istemsizdir, kendiliğinden gerçekleşmez.

Ekzotermik tepkimelerde oluşan ürünlerin entalpileri toplamı, tepkimeye giren maddelerin entalpileri toplamından daha küçük olduğu için ΔH "–"dir ve sistem ısı verir.

Örneğin $Z + T \longrightarrow X + Y + \text{ısı}$, tepkimesi için

$H_{ürün} < H_{giren}$ $\Delta H = H_{ürün} - H_{giren}$ formülüne göre

$\Delta H < 0$ olur yani ΔH değeri "–" işaretlidir.

Ekzotermik tepkimelerde entalpi değişimi

$Z + T \longrightarrow X + Y + 70\ kj$ veya

$Z + T \longrightarrow X + Y \quad \Delta H = -70\ kj$

şeklinde ifade edilir. Ekzotermik tepkimeler genellikle istemlidir. Tepkime gerekli enerjiyi aldıktan sonra kendiliğinden devam eder.

ÖRNEK VE ÇÖZÜM

Örnek

1. $Fe_2O_3(k) + 3CO(g) \longrightarrow 2Fe(k) + 3CO_2(g)$

tepkimesinde girenlerin potansiyel enerjisi toplamı -1155,76 kj ve ürünlerin potansiyel enerjisi toplamı -1180,56 kj olduğuna göre tepkime entalpisini hesaplayınız. Tepkimenin endotermik mi, ekzotermik mi olduğunu belirtiniz.

2. $NH_3(g) + HCl(g) \longrightarrow NH_4Cl(k)$

tepkimesinin entalpi değişimi -176,15 kj ve tepkimede oluşan ürün NH_4Cl bileşiğinin entalpisi -314,4 kj olduğuna göre tepkimeye girenlerin toplam entalpisi kaçtır?

3. Aşağıdaki tepkimelerin hangilerinde $\Delta H > 0$ olur?

I. $X(g) \longrightarrow X^+(g) + e^-$

II. Naftalin(g) $\longrightarrow$ Naftalin(k)

III. $NaCl(k) \longrightarrow Na(k) + Cl_2(g)$

Çözüm

1.
$$\sum H_{girenler} = -1155,76\ kj$$
$$\sum H_{ürünler} = -1180,56\ kj$$
$$\Delta H = \sum H_{ürünler} - \sum H_{girenler}$$
$$\Delta H = -1180,56 - (-1155,76)$$
$$\Delta H = -24,8\ kj$$

Tepkime ekzotermiktir.

2.
$$\Delta H_{tepkime} = -176,15\ kj$$
$$\sum H_{ürün} = -314,4\ kj$$
$$\Delta H = \sum H_{ürün} - \sum H_{girenler}$$
$$-176,15 = -314,4 - \sum H_{girenler}$$
$$\sum H_{girenler} = -138,25\ kj$$

3. I ve III. tepkimeler endotermiktir.

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. Aşağıdaki olayların hangilerinde enerji açığa çıkar?

I. Karbonun yanması

II. Oksijen gazının suda çözünmesi

III. $MgCO_3$'ın MgO ve CO_2'e ayrışması

IV. Nötr atomun anyonuna dönüşmesi

V. Azotun yanması

2. Aşağıdaki olayların hangileri gerçekleştiğinde ortam ısısı azalır?

I. Suyun donması

II. Yağmur yağması

III. Demirin paslanması

IV. Atomdan elektron koparılması

3. $CaCO_3(k) \longrightarrow CaO(k) + CO_2(g)$

tepkimesinin entalpi değişimi +178,32 kj'dür. Tepkimede oluşan ürünlerin potansiyel enerjileri toplamı -1028,6 kj olduğuna göre tepkimeye giren $CaCO_3$'ın potansiyel enerjisini bulunuz.

KAYNAK

Ekzotermik ve endotermik tepkimelerin açıklanması için aşağıdaki adreslerden yararlanılabilir.

Hidrojen Roketi
http://www.eba.gov.tr/video/izle/2305ed6368b4feded 52b3398f2d2232cff8b1b6014009

Süblimleşme ve Kırağılaşma
http://www.eba.gov.tr/video/izle/4218126ffb6c6068ecd0d6c8cf96c4cd06006bf542002

Yanma Tepkimesi (Metan Gazı)
http://www.eba.gov.tr/video/izle/7486dce92b8c01e3df91050c9c6574f142689de720011

NELER KAZANILDI?

1. Aşağıda verilen tablodaki ifadeler doğru ise "D", yanlış ise "Y" harfini işaretleyiniz. Yanlış olarak işaretlediğiniz ifadelerin doğrusunu yazınız.

İfadeler	Karar	Doğrusu
Maddelerin fiziksel hâllerinin değişimi ΔH'ı etkilemez.	( )D ( )Y	
Endotermik tepkimelerde ürünlerin toplam entalpisi girenlerin toplam entalpisinden küçüktür.	( )D ( )Y	
Belirli koşullarda kendiliğinden gerçekleşen tepkimeler istemsizdir.	( )D ( )Y	
Sabit basınçlı sistemlerdeki enerji değişimi ısı değişimine (entalpiye) eşittir.	( )D ( )Y	
Tüm yanma tepkimeleri ekzotermiktir.	( )D ( )Y	

2. Tepkime entalpisi bazı etkilerle değişebilir.

Aşağıdakilerden hangisi tepkime entalpisine etki etmez?

A) Sıcaklık
B) Basınç
C) Madde türü
D) Fiziksel hâl
E) Tepkimenin izlediği yol

3. Ekzotermik tepkimelerle ilgili aşağıdaki ifadelerden hangisi kesinlikle doğrudur?

A) $\Delta H > 0$'dır.
B) Ürünlerin toplam entalpisi girenlerin toplam entalpisinden küçüktür.
C) İstemsizdir.
D) Tepkime denkleminde alınan ısı miktarı girenler tarafına yazılır.
E) Tepkime boyunca dışardan ısı almaları gerekir.

4. Aşağıda verilen olaylarda entalpi değişiminin işareti nedir?

I. Bağ kırılma enerjisi
II. Bağ oluşum enerjisi
III. İyonlaşma enerjisi
IV. Elektron ilgisi

5. Aşağıda verilen olaylardan kaç tanesi ekzotermik olaydır?

I. Kış aylarında sıcak oda camlarının buğulanması
II. CO_2 gazının suda çözünmesi
III. Kar yağarken havanın ısınması
IV. Cl atomunun Cl^- anyonu hâline dönüşmesi
V. F atomlarının birleşerek F_2 molekülü oluşturması

A) 1 B) 2 C) 3 D) 4 E) 5



2. BÖLÜM: OLUŞUM ENTALPİSİ

NELER KAZANILACAK? Standart oluşum entalpileri üzerinden tepkime entalpileri hesaplanırken

a) Standart oluşum entalpileri tanımlanacak,

b) Tepkime entalpisi potansiyel enerji-tepkime koordinatı grafiği üzerinden açıklanacak,

c) Tepkime entalpilerine ilişkin elektronik tablolama programı kullanılarak grafik oluşturulacak, değerler değiştirilerek gerçekleşen değişimler gözlemlenecek ve yorumlanacaktır.

4.2.1. STANDART OLUŞUM ENTALPİSİ

Gerçekleşen olayın cinsine göre entalpi değişimleri (ısıları) farklı isimler alır. Örneğin bir maddenin yanması sırasındaki ısı değişiminden söz ediliyorsa **yanma entalpisi**, erimesi sırasındaki ısı değişiminden söz ediliyorsa **erime entalpisi** denir. Benzer şekilde tepkimenin türüne göre buharlaşma entalpisi, çözünme entalpisi, nötralleşme entalpisi, çökelme entalpisi, oluşma entalpisi gibi isimler de verilebilir.

STANDART OLUŞUM ENTALPİSİ

Belirli bir basınç ve sıcaklıkta bir bileşiğin, elementlerinden oluşması sırasındaki ısı değişimine **oluşum entalpisi (oluşum ısısı)** denir ve ΔH_f şeklinde gösterilir.

25 ^oC sıcaklık ve 1 atm basınçta bir bileşiğin, elementlerinden oluşması sırasındaki ısı değişimine **standart oluşum entalpisi (standart oluşum ısısı)** adı verilir ve ΔH_f^o şeklinde gösterilir. Elementlerin standart koşullarda en kararlı hâllerinin oluşma entalpisi "sıfır" kabul edilir.

Bir mol bileşiğin enerji değişiminine **molar entalpi (molar ısı)** adı verilir. Standart oluşum entalpisi kısaca aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

Standart | molar | oluşum | entalpisi

- Standart → Tepkime standart koşullarda (25 ^oC 1atm) gerçekleşmiştir.
- molar → Bileşik 1 moldür.
- oluşum → Bileşik kendi elementlerinden oluşmuştur.
- entalpisi → Tepkimede alınan ya da verilen ısı değişimi. Alınan ısı "+", verilen ısı "-" işaretle gösterilir.

BİLİYOR MUSUNUZ?

Elementlerin en kararlı doğal hâllerindeki standart oluşum entalpileri sıfır kabul edilir. Standart şartlarda birden fazla allotropu olan elementlerin ΔH_f^o değerleri için en kararlı allotropları esas alınır. Örneğin oksijen molekülü (O_2) 25 ^oC ve 1 atm'de allotropu olan ozondan (O_3) daha kararlıdır. Oksijen molekülünün standart oluşum entalpisi sıfıra eşit iken ozon için bu değer sıfırdan farklıdır.

Standart koşullarda karbon ve oksijen elementlerinden karbon dioksit bileşiğinin oluşum tepkimesi aşağıdaki şekildedir.

$$C(k) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 393{,}5\ kj$$

Tepkime denklemi incelendiğinde C(k) ve $O_2(g)$'in temel hâlde bulunan elementler olduğu görülür. Bu elementlerin standart oluşum entalpileri sıfır olduğuna göre tepkimede verilen değer $CO_2(g)$'in oluşum entalpisidir. Farklı maddelerin oluşum entalpileri Tablo 4.2.1'de verilmiştir.

Tablo 4.2.1: Bazı Bileşiklerin Standart Oluşum Entalpileri (ΔH_f° kj/mol)

Bileşiğin Formülü	ΔH_f^0 (kj/mol)	Bileşiğin Formülü	ΔH_f^0 (kj/mol)
H_2O (s)	-285,83	$SO_2(g)$	-296,84
$H_2O(g)$	-241,80	$SO_3(g)$	-395,70
HF(g)	-271,10	CO(g)	-110,52
HCl(g)	-92,31	$CO_2(g)$	-393,52
HBr(g)	-36,40	NO(g)	+90,29
HI(g)	+26,48	$NO_2(g)$	+33,09
$H_2S(g)$	-20,63	$N_2O(g)$	+81,56
HCN(g)	+135,10	$N_2O_4(g)$	+9,66
$HNO_3(g)$	-135,06	NaCl(k)	-411,00
$NH_4NO_3(k)$	-365,10	MgO(k)	-600,70
$CH_4(g)$	-74,85	CaO(k)	-635,08
$C_2H_2(g)$	+226,73	$Ca(OH)_2(k)$	-986,59
$C_2H_4(g)$	+52,46	$CaCO_3(k)$	-1206,92
$C_2H_6(g)$	-84,68	$Fe_2O_3(k)$	-824,20
$C_3H_8(g)$	-103,80	BaO(k)	-588,10
$CH_3OH(g)$	-202,17	$BaCO_3(k)$	-1218,00
AgCl(k)	-127,06	$Al_2O_3(k)$	-1669,80
$NH_3(g)$	-45,94	ZnO(k)	-348,28

Tablo 4.2.1'de bazı bileşiklerin standart molar oluşum entalpileri verilmiştir. Standart oluşum entalpilerini kullanarak bir tepkimenin standart entalpisi hesaplanabilir. Bir tepkimede ürünlerin standart oluşum entalpileri toplamından girenlerin standart oluşum entalpileri toplamı çıkarıldığında standart tepkime entalpisi hesaplanır. Örneğin

$aA + bB \longrightarrow cC + dD$ tepkimesinin entalpisi aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$\Delta H^o_{tepkime} = \sum n \Delta H^o_{f(ürünler)} - \sum n \Delta H^o_{f(girenler)}$$

$$= [c \Delta H^o_f(C) + d \Delta H^o_f(D)] - [a \Delta H^o_f(A) + b \Delta H^o_f(B)]$$

ÖRNEK VE ÇÖZÜM

1. Tablo 4.2.1'de verilen standart molar oluşum entalpilerini kullanarak aşağıdaki tepkimenin standart koşullardaki entalpi değişimini hesaplayınız.

$C_3H_8(g) + 5O_2(g) \longrightarrow 3CO_2(g) + 4H_2O(g)$

Tepkimenin endotermik mi, ekzotermik mi olduğunu yorumlayınız.

Çözüm

$$\Delta H^o_{tepkime} = \sum n \Delta H^o_{f(ürünler)} - \sum n \Delta H^o_{f(girenler)}$$

$$\Delta H^o_{tepkime} = [3 \cdot \Delta H^o_{f(CO_2)} + 4 \cdot \Delta H^o_{f(H_2O)}] - [\Delta H^o_{f(C_3H_8)} + 5 \cdot \Delta H^o_{f(O_2)}]$$

$$\Delta H^o_{tepkime} = [3 \cdot (-393,5) + 4 \cdot (-241,8)] - [(-103,8) + 5 \cdot 0]$$

$$\Delta H^o_{tepkime} = [(-1180,5) + (-967,2)] - [(-103,8) + 0]$$

$$\Delta H^o_{tepkime} = -2147,7 + 103,8$$

$$\Delta H^o_{tepkime} = -2043,9 \text{ kj}$$

(Entalpi değeri sıfırdan küçük olduğu için tepkime ekzotermiktir.)

2. Aşağıda verilen standart molar oluşum entalpilerini kullanarak 6 gram C_2H_6 gazının yanması sonucunda açığa çıkan ısının kaç kj olduğunu hesaplayınız. (C: 12 g/mol, H: 1 g/mol)

Çözüm

$\Delta H^o_{CO_2(g)} = -393,50$ kj $\Delta H^o_{H_2O(g)} = -241,80$ kj $\Delta H^o_{C_2H_6(g)} = -84,68$ kj

$$C_2H_6(g) + \frac{7}{2}O_2(g) \longrightarrow 2CO_2(g) + 3H_2O(g)$$

$$\Delta H^o_{tepkime} = \sum n \Delta H^o_{f(ürünler)} - \sum n \Delta H^o_{f(girenler)}$$

$$\Delta H^o_{tepkime} = [2 \cdot \Delta H^o_{f(CO_2)} + 3 \cdot \Delta H^o_{f(H_2O)}] - \left[\Delta H^o_{f(C_2H_6)} + \frac{7}{2} \cdot \Delta H^o_{f(O_2)}\right]$$

$$\Delta H^o_{tepkime} = [2 \cdot (-393,50) + 3 \cdot (-241,80)] - \left[(-84,68) + \frac{7}{2} \cdot 0\right]$$

$$\Delta H^o_{tepkime} = [(-787) + (-725,40)] - [(-84,68) + 0]$$

$$\Delta H^o_{tepkime} = -1512,40 + 84,68$$

$$\Delta H^o_{tepkime} = -1427,72 \text{ kj}$$

Tepkimede 1 mol = 30 gram C_2H_6 yakılınca 1427,72 kj ısı

6 gram C_2H_6 yakılınca x

x = 285,54 kj ısı açığa çıkar.

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

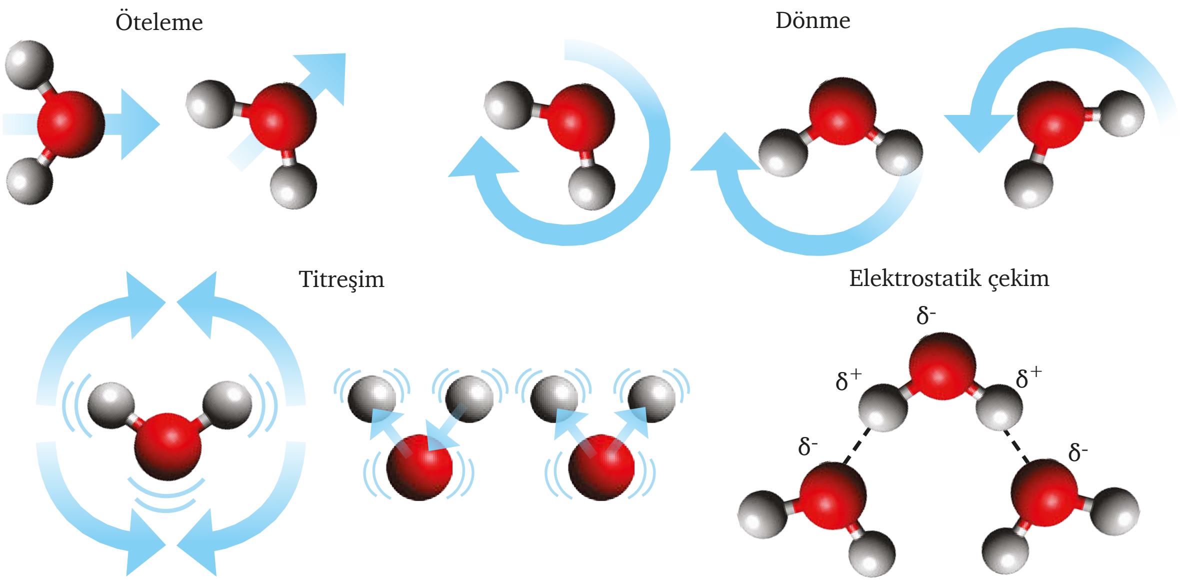
1. Tablo 4.2.1'de verilen standart molar oluşum entalpilerini kullanarak aşağıdaki tepkimelerin standart koşullarda entalpi değişimlerini hesaplayınız. Tepkimelerin endotermik mi, ekzotermik mi olduğunu yorumlayınız.

a) $Fe_2O_3(k) + 3CO(g) \longrightarrow 2Fe(k) + 3CO_2(g)$

b) $2H_2O(s) + 2SO_2(g) \longrightarrow 2H_2S(g) + 3O_2(g)$

POTANSİYEL ENERJİ-TEPKİME KOORDİNATI GRAFİĞİ

Kimyasal tepkimeler gerçekleşirken tepkimeye eşlik eden bir ısı değişimi oluşur. Bu ısı değişimi tepkimedeki taneciklerin potansiyel ve kinetik enerjilerinin değişimi ve dönüşümünden kaynaklanır.



Görsel 4.2.1: Su molekülünün öteleme, titreşim, dönme hareketlerinin ve elektrostatik çekim kuvvetlerinin model üzerinde gösterimi

Maddelerin sahip olduğu enerji potansiyel ve kinetik enerjilerinin toplamıdır. **Kinetik enerji** kimyasal türlerin öteleme, titreşim ve dönme hareketinden kaynaklanır (Görsel 4.2.1). **Potansiyel enerji** ise kimyasal türlerin birbirine göre konumu ve türler arasındaki etkileşimlerinden kaynaklanan enerjidir. Maddelerin sahip olduğu potansiyel enerji kimyasal olaylar sırasında ısı, ışık, ses, elektrik veya hareket enerjisine dönüşebilir.

Kimyasal tepkimelerde potansiyel enerji zamanla değişir.

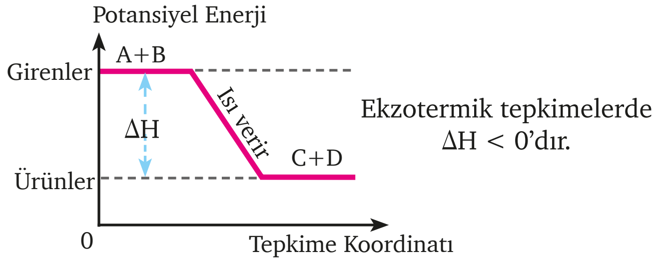
Kimyasal bir tepkime olan karbonun yanması sırasında karbon atomları ve oksijen atomları arasındaki depo edilmiş potansiyel enerji (kimyasal bağ enerjisi) ışık ve ısı enerjisine dönüşür.

$$C(k) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + \text{ısı}$$

Bu olayda ürünlerin potansiyel enerjisi tepkimeye giren karbon ve oksijenin potansiyel enerjisinden daha düşüktür. Aradaki fark ısı olarak dışarıya verildiğinden tepkime ekzotermiktir.

$$A + B \longrightarrow C + D + \text{ısı}$$

şeklindeki bir ekzotermik tepkimenin potansiyel enerji tepkime koordinatı grafiği aşağıdaki gibidir (Grafik 4.2.1).



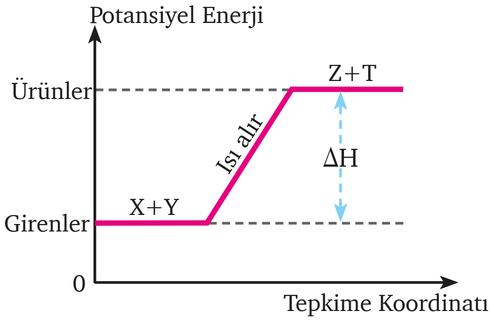
Grafik 4.2.1: Ekzotermik tepkimelerde potansiyel enerji-tepkime koordinatı ilişkisi

Kimyasal bir tepkime olan potasyum kloratın ayrışma tepkimesi

$2KClO_3(k) + ısı \longrightarrow 2KCl(k) + 3O_2(g)$ şeklindedir.

Tepkimede ürünlerin potansiyel enerjisi tepkimeye girenlerin potansiyel enerjisinden daha yüksektir. Aradaki farkın dışarıdan ısı olarak alınması gerekir, bu nedenle tepkime endotermiktir.

$X + Y + ısı \longrightarrow Z + T$ şeklindeki bir endotermik tepkimenin potansiyel enerji tepkime koordinatı grafiği aşağıdaki gibidir (Grafik 4.2.2).



Endotermik tepkimelerde
$\Delta H > 0$'dır.

Grafik 4.2.2: Endotermik tepkimelerde potansiyel enerji-tepkime koordinatı ilişkisi

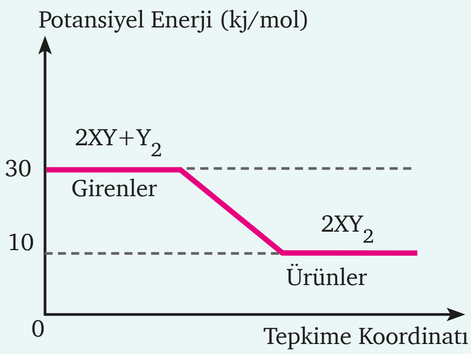
Potansiyel enerji değişimi grafiklerinde yatay eksendeki tepkime koordinatı tepkimedeki aşamaları gösterir. Dikey eksende ise tepkimeye girenlerin ve ürünlerin toplam potansiyel enerjileri gösterilir.

ÖRNEK VE ÇÖZÜM

Örnek

1. $H_2O(s) + 44{,}03$ kj/mol $\longrightarrow H_2O(g)$ tepkimesinin potansiyel enerji tepkime koordinatı grafiğini çiziniz.

2.

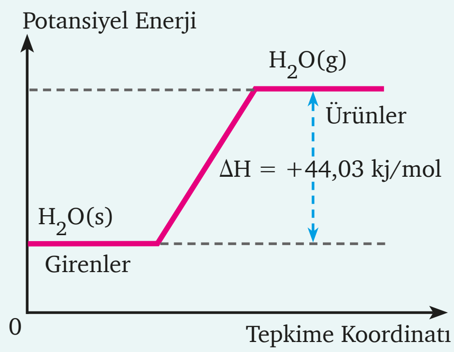


a) Yukarıda grafiği verilen tepkimenin entalpi değişimini bulunuz.

b) $2XY_2 \longrightarrow 2XY + Y_2$ tepkimesinin potansiyel enerji tepkime koordinatı grafiğini çiziniz.

Çözüm

1.

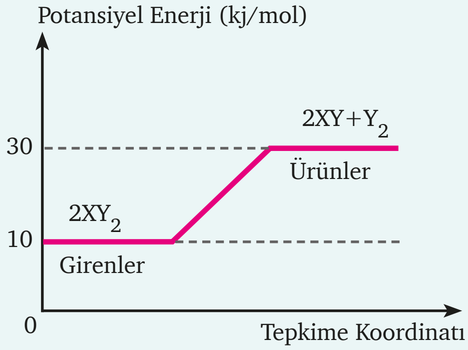


2.

a) $\Delta H = H_{ürün} - H_{giren}$

$\Delta H = 10 - 30 = -20$ kj

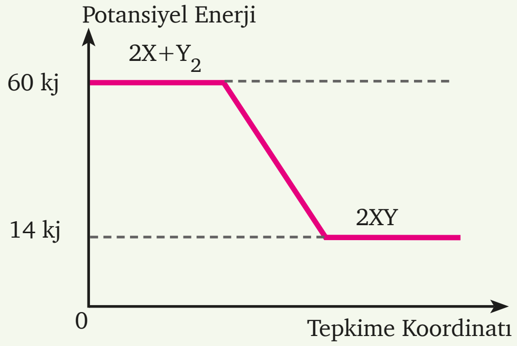
b)



ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. $S(k) + O_2(g) \longrightarrow SO_2(g) + 296,84$ kj/mol tepkimesinin potansiyel enerji tepkime koordinatı grafiğini çiziniz.

2.



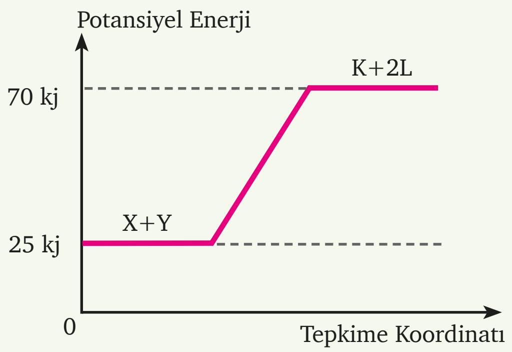
Yukarıda bir tepkimenin potansiyel enerji-tepkime koordinatı grafiği verilmiştir.

Buna göre $2XY \longrightarrow 2X + Y_2$ tepkimesinin entalpi değişimi kaç kj'dür?

A) -20 B) -46 C) +86

D) -86 E) +46

3.



Yukarıdaki grafikte verilenlere göre aşağıdaki ifadelerden hangisi yanlıştır?

A) Tepkime endotermiktir.

B) Tepkime $X + Y + 45$ kj $\longrightarrow K + 2L$ şeklinde yazılabilir.

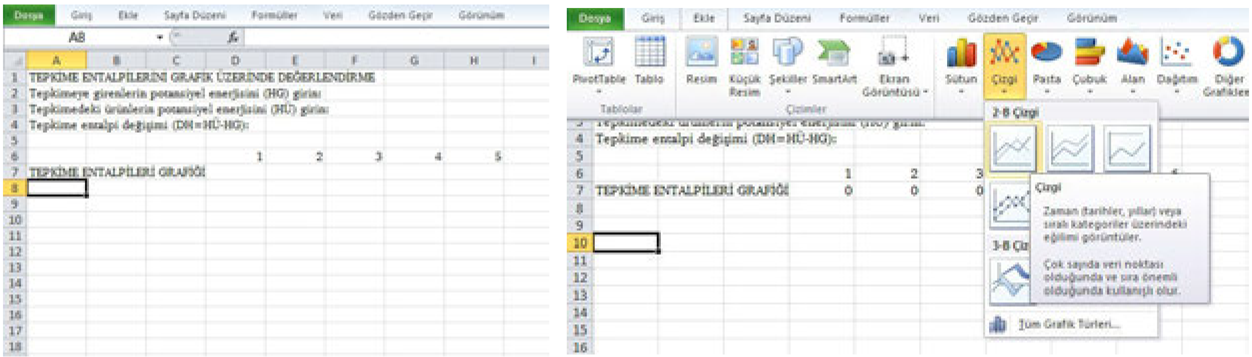
C) $K + 2L \longrightarrow X + Y$ tepkimesinin entalpi değişimi $\Delta H = -45$ kj'dür.

D) 1 mol X'in tepkimeye girmesi için 45 kj enerji gerekir.

E) 1 mol L oluşurken 22,5 kj enerji açığa çıkar.

ELEKTRONİK TABLOLAMA PROGRAMI KULLANARAK TEPKİME ENTALPİLERİNE İLİŞKİN GRAFİK OLUŞTURMALARI

Tepkime entalpileri, elektronik tablolama yöntemiyle küçük bir program hâline getirilebilir ve bu entalpiler grafik üzerinde incelenebilir. Bunun için öncelikle elektronik tablolama yapabileceğimiz bir programa ihtiyaç vardır. Daha sonra aşağıdaki basamaklar sırasıyla uygulanır.



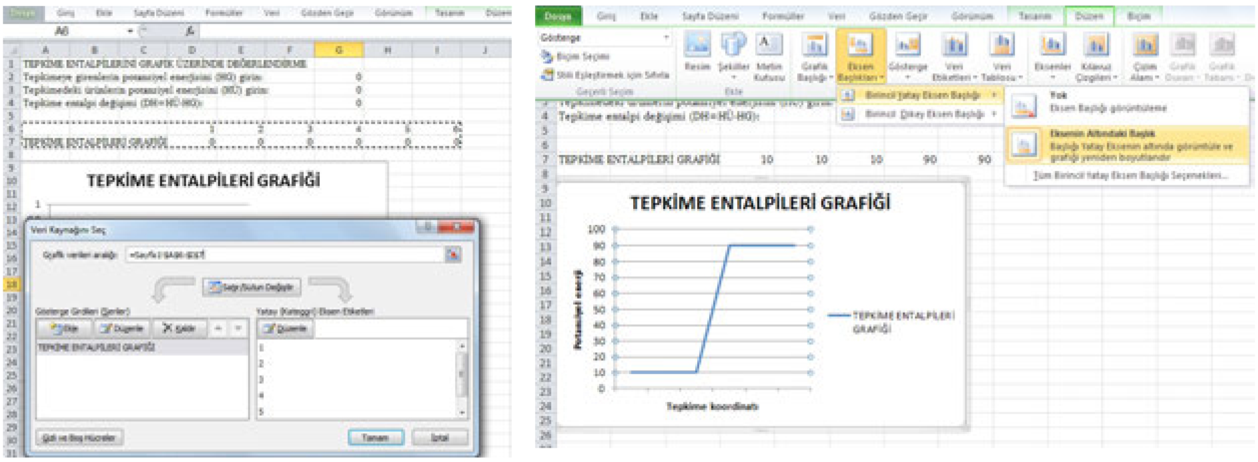
Görsel 4.2.2: Elektronik tablolama

a) Hücreleri doldurma ve veri girme **b)** Grafik seçimi

1. Program açıldıktan sonra çalışma sayfasına Görsel 4.2.2.a'da görülen bilgiler hücre yerleri değiştirilmeden girilmelidir.

2. Yazım işlemi bittikten sonra fareyle G2 hücresindeyken farenin sağ tuşuna basılır, çıkan bölümden "Kopyala" tıklanır ve D7 hücresinde sağ tuşa, "Yapıştırma seçenekleri" ve "Bağlantı yapıştır" bölümlerine tıklanır. Aynı işlem E7 ve F7 hücrelerine de uygulanır.

3. Fareyle G3 hücresindeyken farenin sağ tuşuna, çıkan bölümden "Kopyala" ve G7, H7 ve I7 hücrelerinde ayrı ayrı sağ tuşa, "Yapıştırma seçenekleri" ve "Bağlantı yapıştır" bölümlerine tıklanır.



Görsel 4.2.3: Elektronik tablolama

a) Tabloya veri girme **b)** Elde edilen grafik

4. Farenin oku G4 hücresindeyken =G3-G2 yazılır.

5. Yazım aşaması bittiğinde farenin işaretleyicisi boş bir hücredeyken farenin sol tuşuna basılır, çalışma sayfasının üstündeki "Ekle", çıkan bölümden "Çizgi" ve "2B Çizgi" bölümünden de "Çizgi" seçilir (Görsel 4.2.2.b). Çıkan tablonun içinde farenin sağ tuşuna basılarak "Veri seç" bölümü tıklanır. Noktalı işaretlerle gösterilen bölüm farenin sol tuşuna basılıyken işaretlendikten sonra "Tamam" tuşuna basılır (Görsel 4.2.3.a).

6. Grafik üzerinde farenin sağ tuşuna basıldığında üst satırdaki seçeneklerde "Düzen", "Eksen başlıkları", "Birincil yatay eksen başlığı", "Eksenin Altındaki Başlık" işaretlenir ve tabloda çıkan bölüme "Tepkime Koordinatı" yazılır. Daha sonra aynı yerdeki "Birincil Dikey Eksen Başlığı" tıklanarak "Döndürülmüş Başlık" bölümü işaretlenir ve tabloda çıkan bölüme "Potansiyel enerji" yazılır.

7. Program hazır hâle gelmiştir. G2 ve G3 hücrelerine girilen değerler entalpi değişim grafiğini oluşturur (Görsel 4.2.3.b).

NELER KAZANILDI?

1. **$2Al(k) + Fe_2O_3(k) \longrightarrow Al_2O_3(k) + 2Fe(k)$ tepkimesi için entalpi değişimini hesaplayınız.**

$\Delta H^o_{f\,Fe_2O_3(k)}$ = -822 kj/mol,

$\Delta H^o_{f\,Al_2O_3(k)}$ = +1670 kj/mol

2. **4,6 gram C_2H_5OH'ün yanması sonucu 32,6 kkal ısı açığa çıkmaktadır. CO_2 ve H_2O'un molar oluşum entalpileri sırasıyla -94 kkal/mol, -68 kkal/mol olduğuna göre C_2H_5OH'ün molar oluşum entalpisi nedir?**
(C_2H_5OH = 46 g/mol)

3. **Aşağıda verilen tepkimelerden hangisi ya da hangileri standart molar oluşum tepkimesidir?**

I. $CO(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow CO_2(s) + \Delta H_1$ kj

II. $H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow H_2O(s) + \Delta H_2$ kj

III. $N_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) + \Delta H_3$ kj $\longrightarrow N_2O(g)$

IV. $H_2(g) + I_2(k) + \Delta H_4$ kj $\longrightarrow 2HI(g)$

4. Aşağıda bazı oluşum entalpileri verilmiştir.

$\Delta H^o_{f\,CH_4(g)}$ = -74,78 kj/mol

$\Delta H^o_{f\,CO_2(g)}$ = -392,92 kj/mol

$\Delta H^o_{f\,H_2O(g)}$ = -241,60 kj/mol

Buna göre CH_4'ın molar yanma entalpisini hesaplayarak tepkimenin potansiyel enerji tepkime koordinatı grafiğini çiziniz

5. $2CO(g) + O_2(g) \longrightarrow 2CO_2(g) + 566$ kj

$C(k) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 393,5$ kj

Tepkimeleri için

I. CO'in molar yanma ısısı -283 kj/mol

II. CO_2'in molar oluşum entalpisi -393,5 kj/mol

III. $O_2(g)$'in molar oluşum entalpisi 0'dır.

ifadelerinden hangisi ya da hangileri doğrudur?

A) I ve II B) I ve III C) II ve III

D) Yalnız III E) I, II ve III

6.

Madde	Oluşum Isısı (kj/mol)
H_2O_2	-150
SO_2	-300
H_2O	-250

Yukarıda bazı maddelerin standart şartlardaki yaklaşık molar oluşum entalpileri verilmiştir. **Buna göre**

$2H_2O_2(aq) + S(k) \longrightarrow SO_2(g) + 2H_2O(s)$

tepkimesinin entalpisi aşağıdakilerden hangisidir?

A) +500 B) -500 C) +800

D) -400 E) +400

7. **Aşağıda verilen olaylardan**

I. Buzun suya dönüşmesi

II. Hidrojen gazının yanması

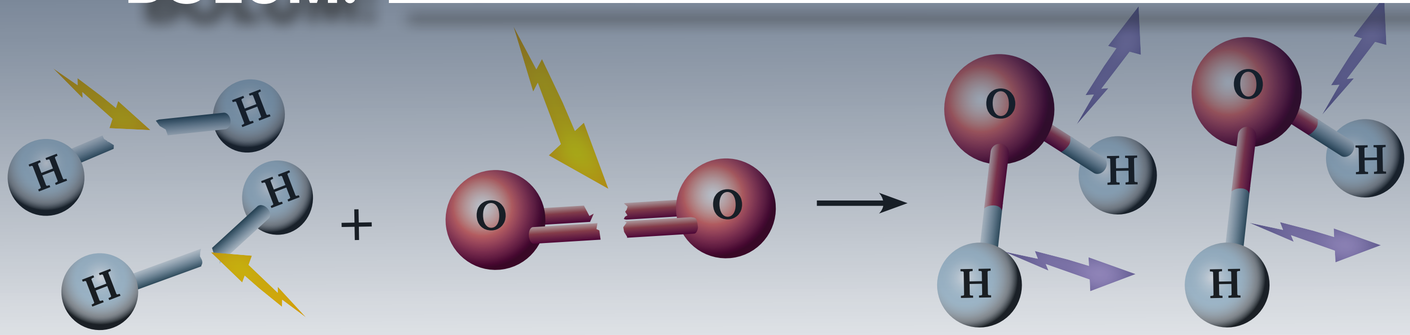
III. Eterin buharlaşması

hangisi ya da hangileri ısı alan (endotermik) türdendir?

A) Yalnız I B) I ve II C) I ve III

D) II ve III E) I, II ve III

3. BÖLÜM: BAĞ ENERJİLERİ



NELER KAZANILACAK? Bağ enerjileri ile tepkime entalpisi arasındaki ilişki açıklanırken
Oluşan ve kırılan bağ enerjileri üzerinden tepkime entalpisi hesaplamaları yapılacaktır.

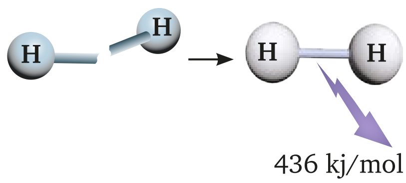
4.3.1. BAĞ ENERJİLERİ VE TEPKİME ENTALPİSİ

Aynı veya farklı cins atomları, kuvvetli etkileşimlerle bir arada tutan çekim kuvvetlerine **kimyasal bağ** denir. Tepkime sırasında tepkimeye giren maddenin atomları arasındaki etkileşim kuvveti (kimyasal bağ) kırılır. Atomlar yeniden düzenlenerek farklı atomlarla etkileşime girer ve yeni kimyasal bağlar oluşur. **Bağ enerjisi (bağ entalpisi)** atomlar arasındaki kovalent bağı kırmak için gerekli olan enerjidir. Bağ enerjisi ΔH^0_B ile gösterilir ve birimi kj/mol'dür. Bağ enerjisinin ölçülebilmesi için tepkimeye girenlerin ve ürünlerin gaz hâlinde olması gerekir.

Kimyasal türler daha kararlı yapıya gelmek için bağ yapar. Kararlı durumdayken daha düşük enerjiye sahiptir. Örneğin doğada yüksek enerjili ve kararsız durumda olan hidrojen atomları birleşerek daha kararlı olan hidrojen molekülünü oluştururken dışarı enerji verir. Kimyasal bağın oluşumu ekzotermiktir.

$\bullet H(g) + \bullet H(g) \longrightarrow H_2(g) + 436$ kj veya

$2H\bullet(g) \longrightarrow H_2(g) \qquad \Delta H^0_B = -436$ kj/mol şeklinde gösterilebilir (Görsel 4.3.1).

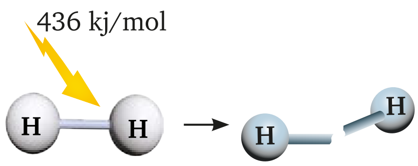


Görsel 4.3.1: Bağ oluşumu

Kimyasal bağın kırılması ise endotermiktir. Kimyasal türler arasındaki bağ kırıldığında kararlı yapıdaki madde yüksek enerjili ve kararsız bir duruma gelir. Bunun için de tepkimeye dışarıdan enerji verilmesi gerekir. Bağ oluşumu sırasında açığa çıkan enerji, aynı zamanda o bağın kırılması için gerekli olan enerjiye eşit ancak zıt işaretlidir. Zıt işaretli olmasının sebebi bağ oluşumunun ekzotermik, bağ kırılmasının ise endotermik olmasıdır. Örneğin kararlı hâldeki hidrojen molekülünü oluşturan kimyasal bağları kırmak için 436 kj enerji vermek gerekir (Görsel 4.3.2). Bu durumda yüksek enerjili ve kararsız hidrojen atomları oluşur.

$H_2(g) + 436$ kj $\longrightarrow \bullet H(g) + \bullet H(g)$ veya

$H_2(g) \longrightarrow 2H\bullet(g) \qquad \Delta H^0_B = +436$ kj/mol



Görsel 4.3.2: Bağ kırılması

Bir bağın koparılması için gereken enerji ne kadar büyükse bağ o kadar sağlamdır. Ayrıca bağ uzunluğu ne kadar kısa ise bağ da o kadar sağlamdır. **Bağ uzunluğu** kovalent bağ yapan iki atomun çekirdekleri arasındaki uzaklıktır. Paylaşılan elektron çifti sayısı arttıkça bağ uzunluğu kısalır, bağ kuvveti artar. Bu nedenle üçlü bağlar ikili bağlardan, ikili bağlar da tekli bağlardan daha kısa ve sağlamdır. Örneğin flor moleküllerini atomlarına ayırmak için mol başına 154 kj enerji gerekirken oksijen moleküllerini atomlarına ayırmak için mol başına 498 kj enerji gerekir. Azot moleküllerini atomlarına ayırmak ise daha zordur ve mol başına 941 kj enerji gerekir.

$F-F(g) + 154\ kj \longrightarrow F(g) + F(g)$ $\qquad$ $F(g) + F(g) \longrightarrow F_2(g) + 154\ kj$

$O=O(g) + 498\ kj \longrightarrow O(g) + O(g)$ $\qquad$ $O(g) + O(g) \longrightarrow O_2(g) + 498\ kj$

$N\equiv N(g) + 941\ kj \longrightarrow N(g) + N(g)$ $\qquad$ $N(g) + N(g) \longrightarrow N_2(g) + 941\ kj$

Bağ enerjisi ve bağ uzunluğu atomun büyüklüğü, elektronegatiflik ve molekülün yapısı gibi birçok faktöre bağlıdır. Bu nedenle bağ enerjisi aynı iki atom arasında olmasına rağmen moleküller farklı olduğunda bağ enerjileri de farklı olur. Örneğin C-H bağının kırılmasında gereken enerji miktarı CH_4 ve C_2H_6 moleküllerinde farklı değerdedir. C-H bağının bağ enerjileri hesaplanırken mümkün olduğu kadar çok sayıda bileşikten elde edilen değerlerin ortalaması alınarak hesaplanır. Tablo 4.3.1'de bağların ortalama enerjileri verilmiştir.

Tablo 4.3.1: Ortalama Bağ Enerjileri (ΔH_B^0)

Bağ	Ortalama Bağ Enerjileri (kj/mol)	Bağ	Ortalama Bağ Enerjileri (kj/mol)
H–H	436	C–C	343
H–F	568	C=C	615
H–Cl	431	C≡C	812
H–Br	366	C–H	416
H–I	298	C–O	351
F–F	158	C=O	724
Cl–Cl	242	C–F	490
O–O	144	C–Cl	326
O=O	498	C–N	290
O–H	464	C≡N	891
N=N	418	N≡N	946
N–N	160	N–H	391

Kimyasal tepkimelerde tepkimeye giren kimyasal türler arasındaki bağlar kırılırken ürünleri oluşturmak için yeni bağlar oluşur. Kırılan bağlar ile oluşan bağlar arasındaki enerji farkı tepkimenin entalpisini verir. Bir tepkimenin standart entalpi değişimi aşağıdaki formülle hesaplanır.

ΔH = Kırılan bağların toplam enerjisi - oluşan bağların toplam enerjisi

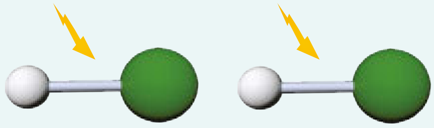
$$\Delta H^o = \sum n\ \Delta H^o_{B(\text{kırılan bağlar})} - \sum n\ \Delta H^o_{B(\text{oluşan bağlar})}$$

ÖRNEK VE ÇÖZÜM

1. H-Cl için bağ enerjisi 431 kj/mol ise 2 mol HCl'in toplam bağ enerjisi nedir?
H-Cl'in ortalama bağ enerjisi 2 ile çarpılır. 2 mol H-Cl bağını kırmak için 862 kj/mol enerji gerekir. $\Delta H^o_B = +862$ kj'dür. 2 mol H-Cl bağı oluşurken aynı miktar enerji dışarı verilir. $\Delta H^o_B = -862$ kj'dür.

Çözüm

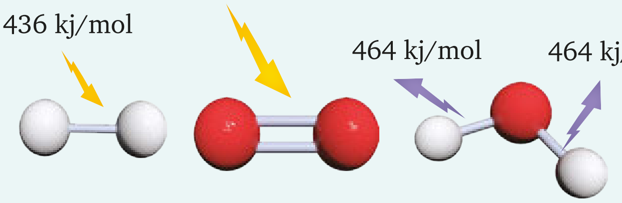
431 kj/mol + 431 kj/mol = 862 kj



2. Su buharının molar oluşum entalpisini Tablo 4.3.1'deki bağ enerjilerinden faydalanarak hesaplayınız.

$$H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow H_2O(g)$$

Çözüm



$$\Delta H^o = \sum n\,\Delta H^o_{B\,(\text{kırılan bağlar})} - \sum n\,\Delta H^o_{B\,(\text{oluşan bağlar})}$$

$$\Delta H^o_{tepkime} = [1 \cdot \Delta H^o_{B(H-H)} + \frac{1}{2} \cdot \Delta H^o_{B(O=O)}] - [2 \cdot \Delta H^o_{B(O-H)}]$$

$$\Delta H^o_{tepkime} = [1 \cdot (436) + \frac{1}{2} \cdot (498)] - [2 \cdot (464)]$$

$$\Delta H^o_{tepkime} = [(436) + (249)] - 928$$

$$\Delta H^o_{tepkime} = 685 - 928$$

$$\Delta H^o_{tepkime} = -243 \text{ kj}$$

(Entalpi değeri "-" çıktığı için tepkime ekzotermiktir.)

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. Aşağıdaki tepkimelerin ΔH^0 değerini, tablo 4.3.1'deki bağ enerjilerini kullanarak hesaplayınız.

a) $H_2(g) + Cl_2(g) \longrightarrow 2HCl(g)$ $\quad \Delta H^o = ?$

b) $N_2(g) + 3H_2(g) \longrightarrow 2NH_3(g)$ $\quad \Delta H^o = ?$

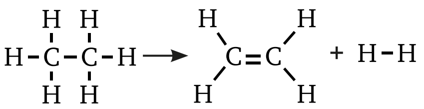
NELER KAZANILDI?

1.

Bağ Türü	Bağ Enerjisi (kj/mol)
C−C	343
H−H	436
C−H	416
C=C	615

Yukarıda verilen bağ enerjilerine göre

$C_2H_6(g) \longrightarrow C_2H_4(g) + H_2(g)$



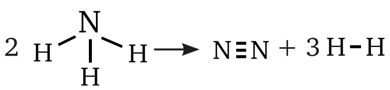
tepkimesinin ΔH'si kaç kj'dür?

2.

Bağ Türü	Bağ Enerjisi (kj/mol)
H−H	436
N−H	391
N≡N	946

Yukarıda verilen bağ enerjilerine göre

$2NH_3(g) \longrightarrow N_2(g) + 3H_2(g)$



tepkimesinin entalpi değişimi kaç kj'dür?

3.

Bağ Türü	Bağ Enerjisi (kj/mol)
H−H	436
Cl−Cl	242
H−Cl	431

Yukarıda verilen bağ enerjilerine göre

$2HCl(g) \longrightarrow H_2(g) + Cl_2(g)$

2 H−Cl ⟶ H−H + Cl−Cl

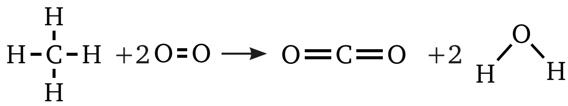
tepkimesi 0,6 mol HCl ile gerçekleşmektedir. Tepkime sırasında kaç kj ısı harcanır?

4.

Bağ Türü	Bağ Enerjisi (kj/mol)
O−H	464
C−H	416
C=O	724
O=O	498

Yukarıda verilen bağ enerjilerine göre

$CH_4(g) + 2O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g)$

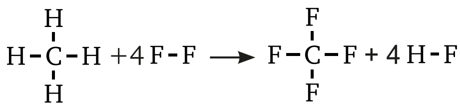


tepkimesinin entalpi değişimini hesaplayınız.

5.

Bağ Türü	Bağ Enerjisi (kj/mol)
C−H	416
F−F	158
H−F	568

$CH_4(g) + 4F_2(g) \longrightarrow CF_4(g) + 4HF(g)$



tepkimesi için ΔH= -1936 kj olduğuna göre

C−F bağının enerjisi kaç kj'dür?

A) 632 B) -632 C) 490

D) -490 E) 252



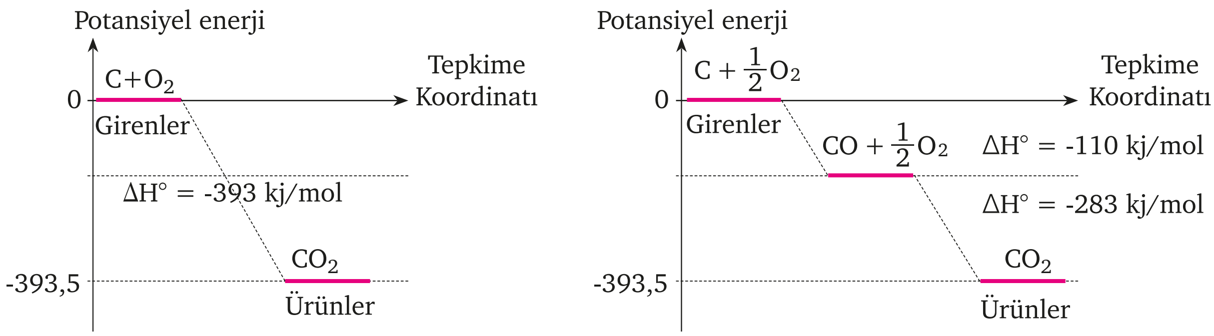
4. BÖLÜM: TEPKİME ISILARININ TOPLANABİLİRLİĞİ

NELER KAZANILACAK? Hess Yasası açıklanırken

Hess Yasası ile ilgili hesaplamalar yapılacaktır.

4.4.1. HESS YASASI

Kimyasal tepkimedeki toplam entalpi değişimi ara basamakların entalpi değişimlerinin toplamına eşittir ve bu eşitlik **Hess Yasası** olarak bilinir. Hess Yasası, ürün oluşana kadar tepkimede izlenen yolun her adımında meydana gelen değişiklikleri özetleyerek entalpi içindeki genel değişikliği hesaplamayı sağlar. Tüm basamaklar aynı sıcaklıkta devam etmeli ve basamaklar için denklemler denkleşmiş olmalıdır. Örneğin karbonun oksijenle tepkimesinden CO_2 oluşumu tek basamakta gerçekleşebildiği gibi iki basamakta da gerçekleşebilir.



Grafik 4.4.1: Tek basamakta ve iki basamakta CO_2 oluşumu

Grafik 4.4.1'de görüldüğü gibi karbondan (grafit) CO_2 elde etmek için iki farklı tepkime gerçekleştirilebilir. İlk durumda tek basamaklı karbon dioksit elde edilirken

$$C(k) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) \qquad \Delta H° = -393 \text{ kj/mol}$$

ikinci durumda iki basamakta karbon dioksit elde edilebilir.

$$C(k) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow CO(g) \qquad \Delta H° = -110 \text{ kj/mol}$$

$$CO(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) \qquad \Delta H° = -283 \text{ kj/mol}$$

İkinci durumda tepkime entalpileri toplandığında CO_2'in entalpi değişiminin aynı olduğu görülür. Hess Yasası entalpi değişimlerinin sadece tepkimeye girenlerin ve ürünlerin entalpisine bağlı olduğunu, ara basamaklara bağlı olmadığını gösterir.

BİLİYOR MUSUNUZ?

Kimyager ve doktor olan Germain Hess'in (German Hes) adını taşıyan Hess Yasası, termokimyanın ilk prensiplerini formüle etmede yardımcı oldu. 1840'ta yayımlanan en ünlü çalışması, termokimya kanununu içermektedir.

Hess Yasası gerçekleşmesi zor olan tepkimelerin entalpilerini hesaplamak için uygulanabilir. Yukarıdaki örnekte saf CO veren grafitin oksijenle tepkimesinin entalpisini ölçmek zordur, ancak grafitin CO_2'e dönüşümündeki entalpi kolayca ölçülebilir. Hess Yasası'nın uygulanması CO'in oluşum entalpisini tahmin etmeyi de sağlar.

$$C(k) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) \qquad \Delta H^o = -393 \text{ kj/mol}$$

$$CO(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) \qquad \Delta H^o = -283 \text{ kj/mol}$$

İkinci denklem ters çevrilerek birinci denklemle toplanır.

$$C(k) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow CO(g) \qquad \Delta H^o = -393 + 283 = -110 \text{ kj/mol}$$

Denklem CO oluşumunun standart entalpisinin -110 kj/mol olması gerektiğini göstermektedir.

Hess Yasası sayesinde deneysel olarak ölçülemeyen ΔH, ΔH^o ve ΔH_f teorik olarak hesaplanabilir.

ÖRNEK VE ÇÖZÜM

1. $NO_2(g) + \frac{7}{2}H_2(g) \longrightarrow NH_3(g) + 2H_2O(g)$ tepkimesinin standart tepkime entalpisini aşağıda verilenlerden yararlanarak hesaplayınız.

I. $N_2(g) + 2O_2(g) \longrightarrow 2NO_2(g) \qquad \Delta H_I = 67$ kj

II. $N_2(g) + 3H_2(g) \longrightarrow 2NH_3(g) \qquad \Delta H_{II} = -92$ kj

III. $H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow H_2O(g) \qquad \Delta H_{III} = -242$ kj

Çözüm

Verilen tepkimenin standart tepkime entalpisini hesaplamak için I. tepkime ters çevrilerek 2'ye bölünür. II. tepkime 2'ye bölünür, III. tepkime 2 ile çarpılır.

I. $NO_2(g) \longrightarrow \cancel{\frac{1}{2}N_2(g)} + \cancel{O_2(g)} \qquad \Delta H_I = -33,5$ kj

II. $\cancel{\frac{1}{2}N_2(g)} + \frac{3}{2}H_2(g) \longrightarrow NH_3(g) \qquad \Delta H_{II} = -46$ kj

III. $2H_2(g) + \cancel{O_2(g)} \longrightarrow 2H_2O(g) \qquad \Delta H_{III} = -484$ kj

$$NO_2(g) + \frac{7}{2}H_2(g) \longrightarrow NH_3(g) + 2H_2O(g) \quad \Delta H = -563,5 \text{ kj}$$

2. $2SO_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2SO_3(g) + 198$ kj standart koşullarda gerçekleşen tepkimeye göre aşağıdaki yargılardan hangileri doğrudur?

I. 4 mol SO_3'in tepkime entalpisi -396 kj'dür.

II. $S(k) + O_2(g) \longrightarrow SO_2(g)$ tepkimesinin standart oluşum entalpisi bilindiğine göre $3SO_2(g) \longrightarrow 2SO_3(g) + S(k)$ tepkimesinin standart entalpisi Hess Yasası'ndan yararlanılarak bulunabilir.

III. Bu tepkimede girenler ve ürünler gaz hâlde olduğu için tepkimeye Hess Yasası uygulanabilir.

Çözüm

I. 2 mol SO_3'in tepkime entalpisi -198 kj olduğuna göre 4 mol SO_3'in tepkime entalpisi -396 kj olur. (Doğru)

II. Verilen $S(k) + O_2(g) \longrightarrow SO_2(g)$ tepkimesi ters çevrilerek $2SO_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2SO_3(g)$ tepkimesi ile toplandığında $3SO_2(g) \longrightarrow 2SO_3(g) + S(k)$ tepkimesinin standart entalpisi bulunur. (Doğru)

III. Hess Yasası'nın uygulanabilmesi için tepkimede girenler ve ürünler gaz hâlde olma zorunluluğu bulunmamaktadır. (Yanlış)

3. $CaO(k) + H_2O(s) \longrightarrow Ca(OH)_2(k)$ $\Delta H = -64$ kj olduğuna göre

$2CaO(k) + 2H_2O(s) \longrightarrow 2Ca(OH)_2(k) + \Delta H$ tepkimesinde $\Delta H = ?$

Çözüm

Birinci tepkime ekzotermik olması nedeniyle dışarı ısı verir ve ΔH'nin değeri negatiftir ($\Delta H < 0$). İkinci tepkime ilk tepkimenin iki katı madde miktarı ile gerçekleştiği için dışarı verilen ısı iki katı olur. Tepkimenin entalpisi $\Delta H = -128$ kj olur.

$2CaO(k) + 2H_2O(s) \longrightarrow 2Ca(OH)_2(k) + 128$ kj

4.

I. $C(k) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g)$ $\Delta H_I = -393,5$ kj

II. $CO(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow CO_2(g)$ $\Delta H_{II} = -283$ kj olduğuna göre

$C(k) + CO_2(g) \longrightarrow 2CO(g)$ tepkimesinin ΔH'si kaçtır? Bulunuz.

Çözüm

Ara basamaklardan oluşan toplam tepkimenin elde edilmesi için ara basamakların düzenlenmesi gerekir. Bu düzenleme yapılırken sadece ara basamakların bir tanesinde olan maddeden başlamak çözümü kolaylaştırır.

Elde edilmek istenen (Entalpi değişimi bulunacak.) tepkimede C(k) girenler tarafında ve 1 mol olduğu için I. tepkime değiştirilmez.

Elde edilecek tepkimede CO(g) ürünler tarafında ve 2 mol oluşması istendiği için II. tepkime ters çevrilmeli ve 2 ile çarpılmalıdır.

I. $C(k) + \cancel{O_2}(g) \longrightarrow \cancel{CO_2}(g)$ $\Delta H_I = -393,5$ kj

II. $\cancel{2}CO_2(g) \longrightarrow 2CO(g) + \cancel{O_2}(g)$ $\Delta H_{II} = 2 \cdot 283$ kj $= 566$ kj

$C(k) + CO_2(g) \longrightarrow 2CO(g)$

$\Delta H = \Delta H_I + \Delta H_{II}$

$\Delta H = -393,5 + 566$

$\Delta H = 172,5$ kj

5. $H_2S(g) + \frac{3}{2}O_2(g) \longrightarrow H_2O(s) + SO_2(g)$ tepkimesinin standart tepkime entalpisini aşağıda verilenlerden yararlanarak hesaplayınız.

I. $CS_2(s) + 2H_2O(s) \longrightarrow CO_2(g) + 2H_2S(g)$ $\Delta H_I = +50$ kj

II. $CS_2(s) + 3O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2SO_2(g)$ $\Delta H_{II} = -1078$ kj

Çözüm

Verilen tepkimenin standart tepkime entalpisini hesaplamak için I. tepkime ters çevrilerek 2'ye bölünür. II. tepkime 2'ye bölünür.

I. $\cancel{\frac{1}{2}CO_2(g)} + H_2S(g) \longrightarrow \cancel{\frac{1}{2}CS_2(g)} + H_2O$ $\Delta H_I = -25$ kj

II. $\cancel{\frac{1}{2}CS_2(g)} + \frac{3}{2}O_2 \longrightarrow \cancel{\frac{1}{2}CO_2(g)} + SO_2(g)$ $\Delta H_{II} = -539$ kj

$H_2S(g) + \frac{3}{2}O_2(g) \longrightarrow H_2O(s) + SO_2(g)$ $\Delta H = -564$ kj

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. Aşağıdaki sorularda I. tepkimelerden faydalanarak II. tepkimelerdeki ısı değerlerini, tepkimede noktalarla belirtilen uygun yere yazınız.

a) I. tepkime: $2Ag(k) + PbCl_2(k) \longrightarrow 2AgCl(k) + Pb(k)$ $\Delta H = +105$ kj
II. tepkime: $4Ag(k) + 2PbCl_2(k) \longrightarrow 4AgCl(k) + 2Pb(k)$ $\Delta H =$ .... kj

b) I. tepkime: $2Ag(k) + PbCl_2(k) \longrightarrow 2AgCl(k) + Pb(k)$ $\Delta H = +105$ kj
II. tepkime: $2Ag(k) + PbCl_2(k) +$ .... $\longrightarrow 2AgCl(k) + Pb(k) +$ ....

c) I. tepkime: $2Al(k) + Fe_2O_3(k) \longrightarrow Al_2O_3(k) + 2Fe(s)$ $\Delta H = -845{,}60$ kj
II. tepkime: $2Al(k) + Fe_2O_3(k) +$ .... $\longrightarrow Al_2O_3(k) + 2Fe(s) +$ ....

ç) I. tepkime: $C_3H_8(g) + 5O_2(g) \longrightarrow 3CO_2(g) + 4H_2O(g)$ $\Delta H = -2044$ kj
II. tepkime: $C_3H_8(g) + 5O_2(g) +$ .... $\longrightarrow 3CO_2(g) + 4H_2O(g) +$ ....

d) I. tepkime: $C(k) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 393{,}5$ kj
II. tepkime: $C(k) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g)$ $\Delta H =$ .... kj

NELER KAZANILDI?

1. $2XY_3(g) + 3Z_2(g) \longrightarrow X_2(g) + 6YZ(g) + 400$ kj tepkimesinden faydalanarak aşağıdaki tepkimelerin entalpilerini yazınız.

I. $4XY_3(g) + 6Z_2(g) \longrightarrow 2X_2(g) + 12YZ(g)$ $\Delta H_1 = ?$ kj

II. $XY_3(g) + \frac{3}{2}Z_2(g) \longrightarrow \frac{1}{2}X_2(g) + 3YZ(g)$ $\Delta H_2 = ?$ kj

III. $X_2(g) + 6YZ(g) \longrightarrow 2XY_3(g) + 3Z_2(g)$ $\Delta H_3 = ?$ kj

2. Aşağıdaki tepkimelerin hangilerinde standart molar oluşum entalpisi verilmiştir? Yazınız.

I. $N_2(g) + 3H_2(g) \longrightarrow 2NH_3(g)$ $\Delta H = -92$ kj

II. $H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow H_2O(s)$ $\Delta H = -285{,}8$ kj

III. $C(k) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow CO(g)$ $\Delta H = -110{,}5$ kj

IV. $H_2O(k) \longrightarrow H_2O(s)$ $\Delta H = +6{,}01$ kj

V. $NO(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow NO_2(g)$ $\Delta H = -57{,}2$ kj

3. Aşağıda verilen tepkimelerden hangisi ya da hangileri standart molar oluşum tepkimesidir?

a) $CO(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow CO_2(s) + \Delta H_1$ kj

b) $H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow H_2O(s) + \Delta H_2$ kj

c) $H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow H_2O(g) + \Delta H_3$ kj

ç) $H_2(g) + I_2(k) + \Delta H_4$ kj $\longrightarrow 2HI(g)$

ÜNİTEYİ BİTİRİRKEN

Aşağıdaki metinde boş bırakılan yerleri uygun sözcüklerle doldurunuz. Verilen soruları yanıtlayınız.

Kimyasal tepkimeler sırasında (a)…………. alınır ya da verilir. Tepkime gerçekleşirken ortamdan ısı alıyorsa (b)…………., ortama ısı veriyorsa (c)……………….. tepkime olarak adlandırılır. (ç)……………… tepkimeleri, genellikle ortama ısı verdiği için ekzotermik tepkimedir.

Ekzotermik tepkimelerde ortama ısı verildiği için ΔH değeri (d)……………. olur ($\Delta H < 0$). Ekzotermik olayda (e)……..………… entalpileri toplamı (f)……………… entalpileri toplamından daha küçüktür. Isı (g)…………. bölümüne yazılır.

(h)……………….. tepkimelerde çevreden ısı alındığı için ΔH değeri (ı)……………. ($\Delta H > 0$). Endotermik olayda girenlerin entalpileri toplamı ürünlerin entalpileri toplamından daha (i)………….. Isı (j)……………. bölümüne yazılır.

Kimyasal tepkimelerdeki enerji değişimleri (k)………….. ile ifade edilir. Sabit (l)……………. bir sistemin dışarı verdiği veya dışarıdan aldığı ısı, entalpi değişimine eşittir.

Tepkime 1 atm ve 25 °C'ta gerçekleşiyorsa ısı alışverişine (m)……………. ………….. ……………. denir ve $\Delta H°$ ile gösterilir. Bileşiğin standart şartlarda (1 atm ve 25 °C) 1 molü elementlerinden oluşuyorsa bu sıradaki entalpi değişimine (n)……………. ………….. ……………. denir ve ΔH_f^o ile gösterilir.

Kimyasal olaylarda moleküldeki bazı bağlar kopar, yerine yeni bağlar oluşur. Standart şartlarda (o)……….. kırılması için gerekli olan enerjiye (ö)……… ………….. denir ve ΔH_B^o ile gösterilir.

Tepkimedeki entalpi değişiminin tepkime basamaklarının entalpi değişimleri toplamına eşit olmasına (p)……… Yasası denir.

- **entalpi**
- **enerji**
- **endotermik**
- **ekzotermik**
- **basınçta**
- **standart tepkime entalpisi**
- **negatif**
- **Hess**
- **ürünlerin**
- **standart oluşum entalpisi**
- **girenlerin**
- **ürünler**
- **endotermik**
- **pozitiftir**
- **bağın**
- **küçüktür**
- **bağ enerjisi**
- **girenler**
- **yanma**

1. Endotermik ve ekzotermik tepkimelerde ısı alışverişini açıklayınız.

2. Standart oluşum entalpisi nedir? Açıklayınız.

3. Endotermik ve ekzotermik tepkimelerde tepkimeye girenlerin ve ürünlerin potansiyel enerjilerini karşılaştırınız.

4. Bağ enerjisi nedir? Oluşan ve kırılan bağlarda enerji değişimini açıklayınız.

5. Hess Yasası'nı açıklayınız.

6. $NO(g) + \frac{1}{2} O_2(g) \longrightarrow NO_2(g) + 57{,}2$ kj

Tepkimesine göre 6 gram NO'in normal şartlarda 2,24 L O_2 gazıyla yakılması sonucunda kaç kj ısı açığa çıkar? (N: 14 g/mol, O: 16 g/mol)

7. Bağ uzunluğunu tanımlayınız.

8. Tablo 4.3.1'den yararlanarak aşağıda verilen kimyasal türler arasındaki

I. $C \equiv C$

II. $C = C$

III. $C - C$

a) Bağ uzunluklarını karşılaştırın.

b) Bağ sağlamlıklarını karşılaştırın.

9. C_3H_6 gazının molar yanma entalpisi -1600 kj'dür.

a) Tepkime denklemini yazarak denkleştiriniz.

b) 0,6 mol CO_2 gazının oluşması sonucu açığa çıkan ısı kaç kj'dür?

c) 80 kj enerji elde etmek için O_2 gazı yeteri kadar C_3H_6 gazı ile tepkimeye girmektedir. Buna göre O_2 gazının 273 °C ve 2 atm basınçtaki hacmi kaç litredir?

ç) 8,4 g C_3H_6 gazı ile 32 g O_2 gazı tepkimeye girdiğinde en çok kaç kj enerji açığa çıkar? (C: 12 g/mol, H: 1 g/mol, O: 16 g/mol)

10. Aşağıda verilen denklemlerin entalpi değerlerini büyükten küçüğe doğru sıralayınız.

$H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow H_2O(s) + \Delta H_1$

$2H_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2H_2O(s) + \Delta H_2$

$H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow H_2O(g) + \Delta H_3$

$H_2O(g) \longrightarrow H_2O(s) + \Delta H_4$

11. $H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow H_2O(g)$ ΔH= -57,8 kkal

$H_2O_2(g) \longrightarrow H_2O(g) + \frac{1}{2}O_2(g)$ ΔH= -25,2 kkal olduğuna göre H_2O_2'in elementlerinden oluşma entalpisi nedir?

12. $CaH_2(k)$, $H_2O(g)$ ve $Ca(OH)_2(k)$ bileşiklerinin standart molar oluşum ısıları sırasıyla -188,5 kj, -285,5 kj ve -985,6 kj olduğuna göre

$CaH_2(k) + 2H_2O(g) \longrightarrow Ca(OH)_2(k) + 2H_2(g)$

tepkimesinin standart koşullarda entalpi değişimi (ΔH) kaç kj'dür?

A) -226,1 B) -113,05 C) -62,04

D) +31,02 E) +17,17

13. $X(k) + O_2(g) \longrightarrow XO_2(k) + 200$ kkal

24 gram XO_2 bileşiği elementlerinden oluşurken 80 kkal ısı açığa çıktığına göre X elementinin atom kütlesi kaçtır? (O: 16 g/mol)

A) 20 B) 22 C) 24

D) 26 E) 28

14. $X \longrightarrow Y + Z$ ($\Delta H < 0$)

tepkimesine göre

I. Tepkime endotermiktir.

II. Tepkimenin gerçekleştiği kabın sıcaklığı artar.

III. Yüksek sıcaklıkta X daha kararlıdır.

yargılarından hangisi ya da hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III

D) I ve II E) II ve III

15. $C_2H_4(g) + 3O_2(g) \longrightarrow 2CO_2(g) + 2H_2O(g)$ tepkimesinin standart entalpisi -1304 kj'dür. 8,4 gram C_2H_4 ve 9,6 gram O_2 gazı kapalı bir kapta tam verimle tepkimeye giriyor.

Buna göre

I. Normal şartlarda 6,72 L O_2 gazı harcanır.

II. 0,2 mol C_2H_4 gazı artar.

III. Tepkimenin oluşması için 130,4 kj'lük ısı gerekir.

IV. Ürünlerin enerjisi girenlerin enerjisinden küçüktür.

ifadelerinden hangisi ya da hangileri doğrudur? (H: 1 g/mol, C: 12 g/mol, O: 16 g/mol)

A) I ve II B) II ve III C) I ve III

D) II ve IV E) I, II ve IV

16.

Bağ Türü	Bağ Enerjisi (kj/mol)
H—H	436
I—I	149
H—I	295

Yukarıda verilen bağ enerjilerine göre

$H_2(g) + I_2(g) \longrightarrow 2HI(g)$

H—H + I—I ⟶ 2H—I

tepkimesinin entalpisi kaç kj'dür?

A) +680 B) -5 C) -30

D) +575 E) +5

17. Aşağıdaki tepkimelerin entalpi değerleri bilindiğine göre

I. $A_2 + B_2 \longrightarrow 2AB$ ΔH_1

II. $\frac{1}{2}A_2 + B_2 \longrightarrow AB_2$ ΔH_2

III. $A_2B_3 \longrightarrow AB + AB_2$ ΔH_3

$A_2 + \frac{3}{2}B_2 \longrightarrow A_2B_3$ tepkimesinde A_2B_3 bileşiğinin oluşum entalpisi aşağıdaki ifadelerden hangisi ile bulunur?

A) $\Delta H_1 + \Delta H_2 - \Delta H_3$

B) $\frac{1}{2}\Delta H_1 + \Delta H_2 - \Delta H_3$

C) $\Delta H_2 + \Delta H_3 - \frac{1}{2}\Delta H_1$

D) $\frac{1}{2}\Delta H_1 + \Delta H_2 + \frac{1}{2}\Delta H_3$

E) $\Delta H_1 - (\Delta H_2 + \Delta H_3)$

18. Aşağıda bazı tepkimeler ve entalpi değerleri verilmiştir.

I. $MgCO_3(k) \longrightarrow MgO(k) + CO_2(g)$ ΔH_1

II. $H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow H_2O(g)$ ΔH_2

III. $H_2(g) + S(g) \longrightarrow H_2S(g)$ ΔH_3

IV. $CO(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow CO_2(g)$ ΔH_4

V. $H_2O(g) + O_2(g) \longrightarrow H_2O_2(g)$ ΔH_5

Buna göre hangisi ya da hangileri oluşum entalpisidir?

A) Yalnız II B) I ve V C) IV ve V D) II ve III E) II, III ve IV

19. Aşağıdaki tepkimelerden

I. $F_2(g) \longrightarrow 2F(g)$

II. $Ca(g) \longrightarrow Ca^{2+}(g) + 2e^-$

III. $SO_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow SO_3(g)$

IV. $Cl(g) + e^- \longrightarrow Cl^-(g)$

hangisi ya da hangileri endotermiktir?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız IV D) I ve II E) III ve IV

20. Bir kimyasal tepkimenin entalpi değişimi (ΔH) aşağıdakilerden hangisi ya da hangilerine bağlı değildir?

I. Tepkimenin izlediği yola
II. Tepkimeye girenlerin miktarına
III. Tepkime ortamının sıcaklığına
IV. Tepkime ortamının basıncına

A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III D) II ve III E) III ve IV

21. $X_2 + XY_3 \longrightarrow 3XY + 84$ kj tepkimesi için hangisi yanlıştır?

A) Ekzotermiktir.

B) Tepkimeye girenlerin entalpisi daha yüksektir.

C) Düşük sıcaklıkta ürünler girenlerden daha kararlıdır.

D) XY bileşiğinin molar oluşum entalpisi -28 kj/mol'dür.

E) Tepkime entalpisi -84 kj'dür.

22. Aşağıda bazı tepkimelerin entalpi değerleri verilmiştir.

I. $C(k) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow CO(g)$ $\Delta H = -110$ kj

II. $CO_2(g) \longrightarrow C(k) + O_2(g)$ $\Delta H = +393$ kj

III. $2MgO(k) + C(k) \longrightarrow 2Mg(k) + CO_2(g)$

$\Delta H = +802$ kj

Buna göre

$Mg(k) + CO_2(g) \longrightarrow MgO(k) + CO(g)$

tepkimesinin entalpi değişimini hesaplayınız.

A) -314,5 B) +314,5 C) +157,25 D) -157,25 E) +629

23. $\Delta H_{NH_3(g)} = -92$ kj/mol

$\Delta H_{NO_2(g)} = +33$ kj/mol

$\Delta H_{H_2O(g)} = -286$ kj/mol olduğuna göre

$4NH_3(g) + 7O_2(g) \longrightarrow 4NO_2(g) + 6H_2O(g)$ tepkimesinin entalpi değişimi kaç kj'dür?

A) +1216 B) +1584 C) -1584 D) -1216 E) +136

5. ÜNİTE KİMYASAL TEPKİMELERDE HIZ





ANAHTAR KAVRAMLAR

* Aktivasyon Enerjisi
* Hız Sabiti
* İnhibitör
* Katalizör
* Ortalama Tepkime Hızı

BÖLÜMLER



TEPKİME HIZLARI



TEPKİME HIZINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

ÜNİTEYE BAŞLARKEN

1.



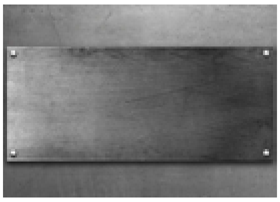


Hız, hareketli bir varlığın birim zamanda yaptığı yer değiştirme miktarının ölçüsü olarak tanımlanabilir. Tüm fiziksel ve kimyasal olayların hızı vardır. Örneğin yanma adı verilen oksijenle tepkime, hızlı veya yavaş yanma şeklinde gerçekleşebilir. Meyvelerin kararması ve paslanma olayı yavaş yanmadır. Yavaş yanmada ışık görülmez. Odunun yanmasında olduğu gibi yanmaya ışık ve ısı eşlik ediyorsa yanma hızlı yanmadır. Hızlı yanma yavaş yanmaya göre daha kısa bir süreçte gerçekleşir.

Sema, bir metalin yanma hızını etkileyen faktörleri gözlemlemek için eşit kütleye sahip küre, levha, ince şerit hâlindeki ve toz hâldeki Fe metallerini alıyor. Her parçayı aynı ortamda bırakarak paslanma hızlarını karşılaştırıyor.



I. Küre hâlinde demir



II. Levha hâlinde demir



III. Şerit hâlinde demir



IV. Toz hâlde demir

a) Sema bu çalışmasıyla hıza etki eden hangi faktörü incelemiştir?

b) Siz de verilen demir örneklerinin tepkimeye girme hızlarını karşılaştırınız ve tepkime hızlarının farklı olmasının nedenini belirtiniz.

c) Aşağıdaki kimyasal tepkime çiftlerinin tepkime hızlarını kıyaslayınız.

- Havai fişek patlaması-yağların hidrolizi
- Gümüşün kararması-hava yastığının şişmesi
- Nötralleşme tepkimeleri-besin sindirimi

2. Aşağıda verilen birimlerden hangileri hız birimidir? Tabloda birimlerin altlarında bulunan boşluğa işaretleyiniz.

m/s	km/s	cm/s	m · s	s/m	km/dk

3. Aşağıdaki tabloda bazı olayların hızı ile ilgili verilen ifadeleri okuyarak ifadeler doğru ise "D", yanlış ise "Y" harfini işaretleyiniz.

İfadeler	Karar
Na, Li gibi aktif metaller su ile hızla tepkimeye girer. Fe metali Na ve Li metaline göre daha az aktif olduğundan suyla tepkimesi daha yavaştır.	( ) D ( ) Y
Kuvvetli baz olan kostik tıkalı giderleri açmak için su ve diğer kimyasallarla yavaş tepkime verir.	( ) D ( ) Y
İğne formu diğer ilaç formlarına göre hızlı etki gösterir.	( ) D ( ) Y
Gaz molekülleri birbirleri ile çarpıştıklarında taneciklerin hızları ve yönleri değişebilir.	( ) D ( ) Y
Çözünmeyi yavaşlatmak amacıyla deney tüpleri çalkalanır.	( ) D ( ) Y

4. Aşağıda verilen cümlelerdeki boşlukları uygun sözcüklerle doldurunuz.

- Birim zamanda buharlaşan molekül sayısına .... denir.
- .... arttıkça gaz taneciklerinin hızı ve ortalama kinetik enerjisi artarken soğuk ortamda hızı ve ortalama kinetik enerjileri azalır.
- Plazma hâlinde tepkimeler katı hâle göre daha .... gerçekleşir.
- Yüzey alanı .... buharlaşma hızı artar.



1. BÖLÜM: TEPKİME HIZLARI

NELER KAZANILACAK? Kimyasal tepkimeler ile tanecik çarpışmaları arasındaki ilişki açıklanacaktır.

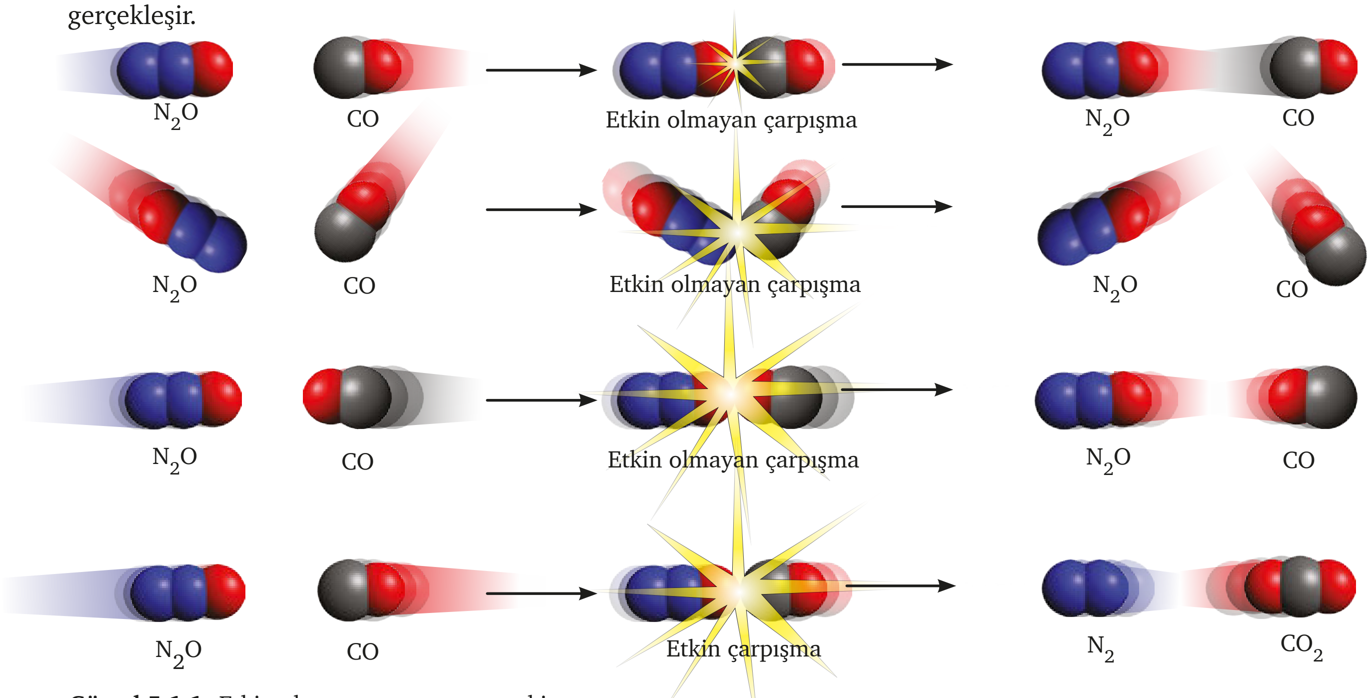
5.1.1. KİMYASAL TEPKİMELER VE ÇARPIŞMA TEORİSİ

Birinde N_2O diğerinde CO bulunan iki farklı kaptaki molekül neden N_2 ve CO_2 oluşturmaz? Çünkü bir tepkimenin gerçekleşebilmesi için tepkimeye giren kimyasal türlerin birbirleriyle çarpışması ve etkileşmesi gerekmektedir. Kimyasal türlerin çarpışmasını ve tepkime hızını açıklayan teori çarpışma teorisidir.

Çarpışma teorisine göre bir kimyasal tepkimenin hızı tepkimeye giren kimyasal türlerin çarpışma sayısıyla orantılıdır. Tepkimeye giren kimyasal türler ne kadar çok çarpışıyorsa tepkime o kadar hızlı gerçekleşir.

? BİLİYOR MUSUNUZ?

Kimyasal tepkimelerin hızlarını, nasıl ilerlediklerini, hızlarının nasıl kontrol edileceğini ve tepkime hızının nelere bağlı olduğunu inceleneyen alt disipline **kimyasal kinetik** denir.



Görsel 5.1.1: Etkin olmayan çarpışma ve etkin çarpışma

Görsel 5.1.1'den de anlaşılacağı gibi yeterli kinetik enerjiye sahip olmayan kimyasal türler uygun geometri ile çarpışsa da ürün oluşturamaz. Yeterli kinetik enerjiye sahip kimyasal türler uygun geometri ile

çarpışdıklarında ürün oluşturur. Ürün oluşabilmesi için uygun geometride ve yeterli kinetik enerjiye sahip taneciklerin çarpışması gerekir. Bu nedenle bütün çarpışmalar ürün oluşturmaz. Toplam çarpışma sayısına göre çok az çarpışma ürünle sonuçlanır. Kimyasal tepkimeye neden olan çarpışmalara **etkili** veya **etkin çarpışma** denir.

Kimyasal tepkimenin hızı etkin çarpışma sayısı ile doğru orantılıdır. Tepkimenin gerçekleşebilmesi için çarpışan taneciklerin sahip olmaları gereken minimum toplam kinetik enerjiye **eşik enerjisi (aktifleşme enerjisi)** denir (**E_a** ile gösterilir). Bir tepkimenin aktifleşme enerjisi tepkimeye giren maddelerin türüne bağlıdır ve sıfırdan büyüktür.

Bir tepkimede yeterli kinetik enerjiye sahip türler çarpıştıklarında atomlar arasındaki bağlar kopar ya da zayıflar. Atomlar yeniden düzenlenirken yüksek enerjili kararsız atom grupları (ara ürün) oluşur. Bu şekildeki atom gruplarına **aktifleşmiş kompleks** denir.

Bir çarpışmanın tepkimeyle sonuçlanabilmesi için

- Tepkimeye girenlerin uygun geometrik biçimde ve aynı düzlemde çarpışmaları,
- Tepkimeye girenlerin yeterli kinetik enerjiye sahip olması,
- Aktifleşmiş kompleks ürünün oluşması gerekir.

Tepkimeye girenlerin ürünlere dönüşmesine **ileri tepkime**, ürünlerin girenlere dönüşmesine **geri tepkime** denir. Her iki tepkime de aktifleşmiş kompleks üzerinden yürür.

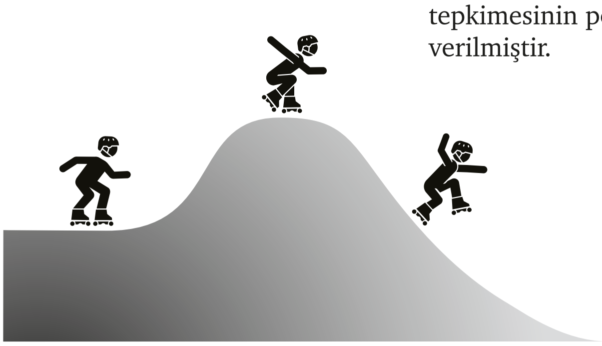
Tepkimeye girenlerin aktifleşmiş kompleks oluşturmaları için sahip olmaları gereken en düşük enerjiye **ileri tepkimenin aktifleşme enerjisi (E_{ai})**, ürünlerin aktifleşmiş kompleks oluşturmalarını sağlayacak en düşük enerjiye ise **geri tepkimenin aktifleşme enerjisi (E_{ag})** denir. Reaksiyondaki net enerji değişimi (ΔE veya ΔH) aktivasyon enerjileri farkı ile hesaplanır.

$$\Delta E = \Delta H = E_{ai} - E_{ag}$$

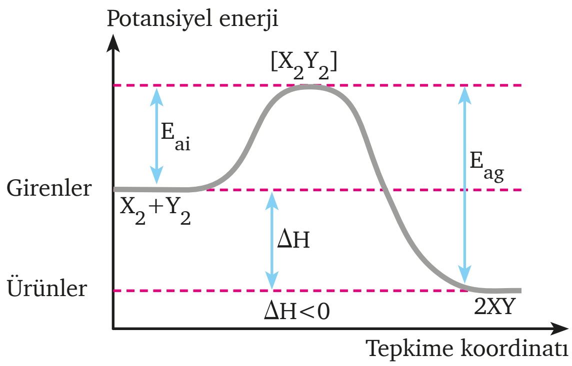
Aktifleşme enerjileri hiçbir zaman negatif değer alamaz. Ancak **E_{ai}**'den **E_{ag}** çıkarıldığında elde edilen sonuç tepkime ekzotermikse negatif, endotermikse pozitif değer alır. Endotermik ve ekzotermik tepkimelerin potansiyel enerji tepkime koordinatı grafikleri de farklılık gösterir.

$$X_2(g) + Y_2(g) \longrightarrow 2XY(g) + ısı$$

tepkimesinin potansiyel enerji tepkime koordinatı grafiği aşağıda verilmiştir.



Görsel 5.1.2: Patenle yol alırken kazanılan enerji harcanan enerjiden fazla ise dışarıya enerji verilir. Ekzotermik tepkimede de düşük enerjili duruma dönüşüm olduğu için tepkime ısı verir.



Grafik 5.1.1: Ekzotermik tepkimenin potansiyel enerji-tepkime koordinatı

Grafik 5.1.1'den de anlaşılacağı gibi tepkimeye girenlerin sahip olduğu potansiyel enerji ürünlerin sahip olduğu potansiyel enerjiden

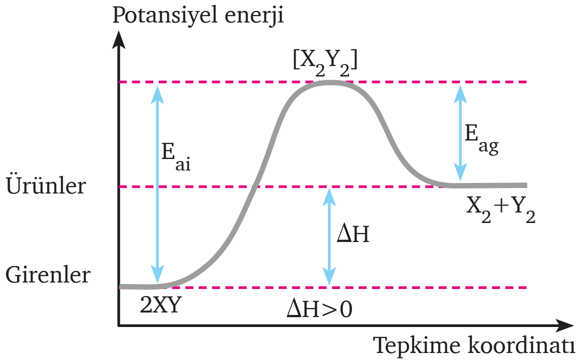
büyüktür. Girenlerin enerjisi ürünlerin enerjisine göre daha yüksek olduğu için tepkime dışarı enerji verir (Görsel 5.1.2). Tepkime ekzotermiktir.

$$E_{ai} - E_{ag} = \Delta H < 0$$

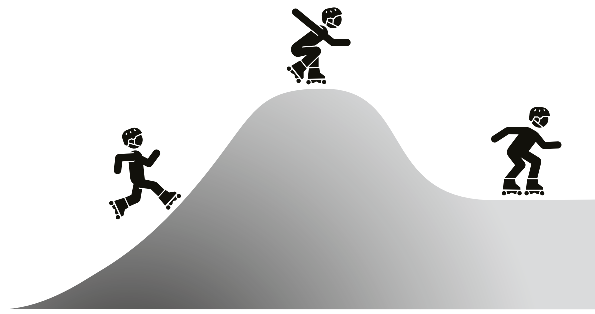
Yukarıdaki tepkimenin tersi olan

$2XY(g) + ısı \longrightarrow X_2(g) + Y_2(g)$

tepkimesinin potansiyel enerji tepkime koordinatı grafiği ise aşağıdaki şekilde olur.



Grafik 5.1.2: Endotermik tepkimenin potansiyel enerji-tepkime koordinatı



Görsel 5.1.3: Patenle yol alırken harcanan enerji kazanılan enerjiden fazla ise dışarıdan enerji almak gerekir. Endotermik tepkimede de yüksek enerjili duruma dönüşüm olduğu için tepkime ısı alır.

Grafik 5.1.2'den de anlaşılacağı gibi tepkimeye girenlerin sahip olduğu potansiyel enerji, ürünlerin sahip olduğu potansiyel enerjiden küçüktür. Ürünlerin enerjisi girenlerin enerjisine göre daha yüksek olduğu için tepkime dışarıdan enerji alır (Görsel 5.1.3). Tepkime endotermiktir.

$$E_{ai} - E_{ag} = \Delta H > 0$$

ÖRNEK VE ÇÖZÜM

1. $2NOCl \longrightarrow 2NO + Cl_2$ tepkimesinde $E_{ai} = 98$ kj, $E_{ag} = 22$ kj olduğuna göre tepkimenin ΔH değerini bularak endotermik mi, ekzotermik mi olduğunu açıklayınız.

Çözüm

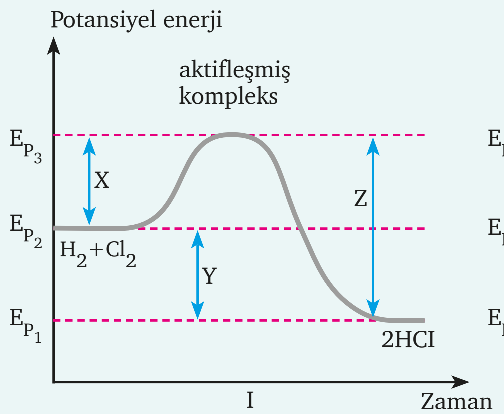
$\Delta H = E_{ai} - E_{ag}$

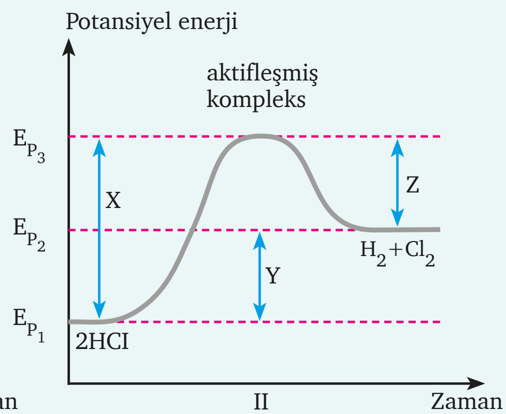
$\Delta H = 98 - 22$

$\Delta H = 76$ kj

ΔH değeri pozitif olduğuna göre tepkime endotermiktir.

2.





Yukarıda potansiyel enerji-tepkime koordinatı grafikleri verilen tepkimelerle ilgili aşağıdaki soruları cevaplayınız.

a) Grafiklerde E_{P_1}, E_{P_2} ve E_{P_3} ile verilen potansiyel enerji değerleri hangi maddelere aittir? I. grafik için E_{P_2} değeri kaçtır?

b) Grafiklerde X, Y ve Z ile verilen değerleri E_{ai}, E_{ag} ve ΔH ifadeleri ile eşleştiriniz.

c) Grafiklerde belirtilen tepkimeleri yazarak tepkime entalpisini yorumlayınız.

ç) ΔH formüllerini yazarak grafikteki ifadeler cinsinden belirtiniz.

d) Tepkimelerdeki E_{ai} ve E_{ag} değerlerini karşılaştırınız.

Çözüm

a)

	I. Grafik	II. Grafik
E_{P_1}	Ürünlerin	Girenlerin
E_{P_2}	Girenlerin	Ürünlerin

E_{P_3} = aktifleşmiş kompleksin potansiyel enerjisidir.
I. grafikte tepkimeye giren maddeler element olduğu için E_{P_2} sıfırdır.

b) Grafiklerdeki X = E_{ai}, Z = E_{ag} ve Y = ΔH ifadelerine karşılıktır.

c) I. tepkime $H_2 + Cl_2 \longrightarrow 2HCl$ şeklinde gerçekleşir. Girenlerin E_p'si ürünlerin E_p'sinden büyüktür. Tepkimede dışarı ısı verilir ve entalpi değişimi "-" olduğu için tepkime ekzotermiktir.

II. tepkime $2HCl \longrightarrow H_2 + Cl_2$ şeklinde gerçekleşir. Girenlerin E_p'si ürünlerin E_p'sinden küçüktür. Tepkime ısı alarak gerçekleşir ve entalpi değişimi "+" olduğu için endotermiktir.

ç)

	I. Grafik	II. Grafik
$\Delta H = E_{ai} - E_{ag}$	X - Z = -Y	X - Z = +Y
$\Delta H = H_{ürün} - H_{giren}$	$E_{P_1} - E_{P_2} = -Y$	$E_{P_2} - E_{P_1} = Y$

d) I. tepkimede $E_{ai} < E_{ag}$, II. tepkimede $E_{ai} > E_{ag}$

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. $A_2 + 3B_2 \longrightarrow 2AB_3$ tepkimesinde E_{ai} = 58 kkal'dir. Tepkime entalpisi -23 kkal olduğuna göre geri tepkimenin aktifleşme enerjisini bularak tepkimenin potansiyel enerji-tepkime koordinatı grafiğini çiziniz.

2. $2XY(g) + 1/2Y_2(g) \longrightarrow X_2Y_3(g)$ tepkimesinin ileri aktivasyon enerjisi 16 kj'dür. Y_2 bir element olduğuna göre

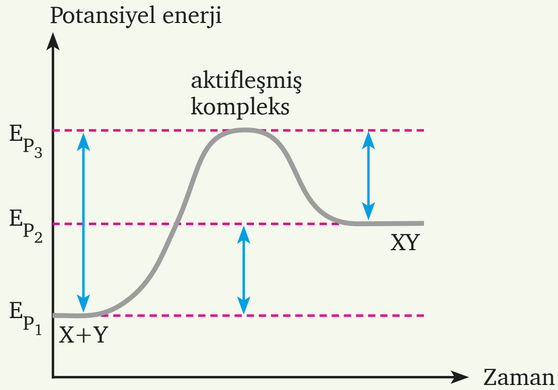
a) Tepkime entalpisi kaç kj'dür?

b) Geri aktivasyon enerjisi kaç kj'dür?

c) E_P-TK grafiğini çiziniz.
(ΔH^o_{XY} = 21 kj/mol, $\Delta H^o_{X_2Y_3}$ = 18 kj/mol)

3. X+Y ⟶ XY tepkimesinin potansiyel enerji-tepkime koordinatı grafiği şekildeki gibidir.

Buna göre aşağıdakilerden hangisi <u>yanlıştır</u>?



A) Ürünlerin potansiyel enerjisi girenlerin potansiyel enerjisinden yüksektir.

B) İleri yöndeki tepkime endotermiktir.

C) Geri tepkimenin aktifleşme enerjisi ileri tepkimenin aktifleşme enerjisinden düşüktür.

D) İleri yöndeki tepkime entalpisi pozitif işaretlidir.

E) Aktifleşmiş kompleks düşük enerjilidir.

NELER KAZANILACAK? **Kimyasal tepkimelerin hızları açıklanırken**

a) Madde miktarı (derişim, mol, kütle, gaz maddeler için normal şartlarda hacim) ile tepkime hızı ilişkilendirilecek,

b) Ortalama tepkime hızı kavramı açıklanacak,

c) Homojen ve heterojen faz tepkimelerine örnekler verilecektir.

5.1.2. KİMYASAL TEPKİMELERİN HIZLARI



Görsel 5.1.4: Meke Krater Gölü

Günlük yaşamda hızları birbirinden farklı birçok kimyasal olay gerçekleşir. Bazı kimyasal tepkimeler o kadar hızlı gerçekleşir ki bu tepkimeler daha dikkat çekicidir. Bir yarış arabasının yüksek hızlara ulaşması veya havai fişek gösterileri hızlı gerçekleşen tepkimelerdir. Bazı tepkimeler ise o kadar yavaş gerçekleşir ki kimyasal bir olay olduğunun farkına varmak güçtür. Görsel 5.1.4'teki Konya Meke Krater Gölü'nün oluşumu yüzyıllar içinde gerçekleşmiştir. Günümüzden 4-5 milyon yıl önce ve yaklaşık 9000 yıl önce gerçekleşen iki volkanik patlama sonucu oluşan krater zamanla su ile dolmuştur. Bu süreçte pek çok fiziksel ve kimyasal olay gerçekleşmiştir. Fiziksel ve kimyasal olayların



Görsel 5.1.5: Paslanmış demir

gerçekleşme hızı büyük farklılık gösterir. Yavaş gerçekleşen tepkimelere jeolojik olaylar, kömürün oluşumu, demirin paslanması (Görsel 5.1.5) ve gümüşün kararması örnek verilebilir.

Tepkime Hızlarının Ölçülmesi

Bir tepkimenin hızını izleyebilmek için giren maddelerle ürünlerin birbirinden farklı olan renk, çökelti oluşumu, elektrik iletkenliği, basınç, hacim, sıcaklık gibi bazı özelliklerinden yararlanılır.

Renk Değişimi

$H_2(g) + Cl_2(g) \longrightarrow 2HCl(g)$

renksiz sarı-yeşil renksiz

Çözünme-Çökelme

$NaCl(suda) + AgNO_3(suda) \longrightarrow AgCl(k) + NaNO_3(suda)$

beyaz çökelti

Elektrik İletkenliği Değişimi

$CO_2(g) + H_2O(s) \longrightarrow H^+(suda) + HCO_3^-(suda)$ (İletkenlik artar.)

$Ag^+(suda) + Cl^-(suda) \longrightarrow AgCl(k)$ (İletkenlik azalır.)

Basınç-Hacim Değişimi

$2NO_2(g) \longrightarrow 2NO(g) + O_2(g)$ Basınç artışı (V, T sabit) olur.

$N_2(g) + 3H_2(g) \longrightarrow 2NH_3(g)$ Basınç azalması (V, T sabit) olur.

$2H_2O_2(suda) \longrightarrow 2H_2O(s) + O_2(g)$ Hacim artışı (P, T sabit) olur.

Isı Değişimi

$FeO(k) + CO(g) \longrightarrow Fe(k) + CO_2(g) + ısı$

Bunların dışında tepkime hızını ölçmek için tepkimelerin daha başka özelliklerinden (pH değişimi vb.) de yararlanılabilir.

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. Aşağıdaki tepkimelerin hızlarını ölçmek için uygun birer yöntem öneriniz.

I. $H_2(g) + Br_2(g) \longrightarrow 2HBr(g)$ ....

renksiz kırmızı kahverengi renksiz

II. $Mg(k) + 2H^+(suda) \longrightarrow Mg^{2+}(suda) + H_2(g)$ ....

III. $CS_2(g) + 3O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2SO_2(g)$ ....

IV. $Cu(k) + 2Ag^+(suda) \longrightarrow Cu^{2+}(suda) + 2Ag(k)$ ....

Tepkime hızı, birim zamanda tepkimeye giren maddelerin veya oluşan ürünlerin konsantrasyonundaki değişimin ölçümüdür.

MADDE MİKTARI TEPKİME HIZI

Bir kimyasal tepkimede birim zamanda harcanan veya oluşan madde miktarının değişimine **tepkime hızı** denir. Tepkime hızı “T.H.”, “r”, “V” ile gösterilebileceği gibi “Hız” şeklinde de ifade edilebilir.

$$\text{Hız} = \frac{\text{Giren veya ürünün madde miktarındaki değişme}}{\text{Zaman aralığı}}$$

Madde miktarı = [mol, hacim, molar derişim, kütle…]

Zaman aralığı = [s, dk, saat, gün, yıl…]

Tepkimeye giren ve oluşan ürünlerin fiziksel durumuna göre madde miktarı, mol, hacim, atm cinsinden; süre de saniye, dakika, gün cinsinden alınabilir. Tepkime hızının hangi birim cinsinden hesaplanacağına dikkat etmek gerekir. Ayrıca bir tepkimede girenlerin harcanma hızı ile ürünlerin oluşma hızı birbirine eşit olmayabilir. Bu nedenle tepkime hızının hangi maddeye göre hesaplanacağı belirtilmelidir. Örneğin amonyağın oluşum hızı azot ve hidrojene göre hesaplanabilir.

$$N_2(g) + 3H_2(g) \longrightarrow 2NH_3(g)$$

Tepkimede azot ve hidrojenin miktarı zamanla azalacağı için hızı "-" ile amonyak miktarı zamanla artacağı için hızı "+" ile belirtilir.

N_2'un harcanma hızı,

$$\text{Hız} = \frac{N_2 \text{ derişimindeki değişme}}{\text{Zaman}} = \frac{-\Delta[N_2]}{\Delta t} \text{ şeklinde gösterilir.}$$

H_2'in harcanma hızı,

$$\text{Hız} = \frac{H_2 \text{ derişimindeki değişme}}{\text{Zaman}} = \frac{-\Delta[H_2]}{\Delta t} \text{ şeklinde gösterilir.}$$

NH_3'ın oluşma hızı,

$$\text{Hız} = \frac{NH_3 \text{ derişimindeki değişme}}{\text{Zaman}} = \frac{+\Delta[NH_3]}{\Delta t} \text{ olur.}$$

H_2'in harcanma hızı N_2'un harcanma hızının 3 katıdır.

$$\text{Hız}_{H_2} = 3.\text{Hız}_{N_2}$$

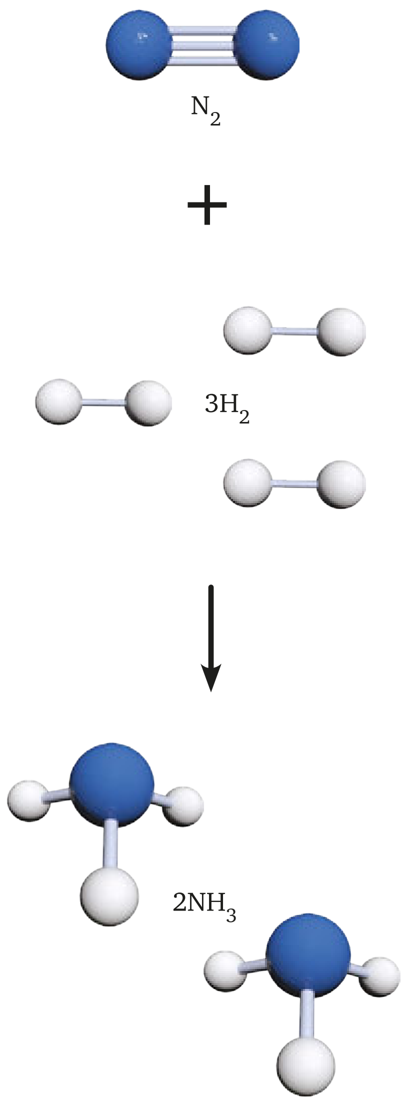
NH_3'ın oluşma hızı N_2'un harcanma hızının 2 katı kadardır.

$$\text{Hız}_{NH_3} = 2.\text{Hız}_{N_2}$$

Bu durum aşağıdaki denklemlerle de ifade edilebilir.

$$\text{Hız} = \frac{-\Delta[N_2]}{\Delta t} = \frac{-\Delta[H_2]}{3\,\Delta t} = \frac{+\Delta[NH_3]}{2\,\Delta t}$$

$$6 \cdot \text{Hız}_{N_2} = 2 \cdot \text{Hız}_{H_2} = 3 \cdot \text{Hız}_{NH_3}$$



Görsel 5.1.6: NH_3 oluşumunun molekül modeli

Görsel 5.1.6'da NH_3'ın oluşum tepkimesinde 6 atm basınca sahip NH_3 3 dakikada elde ediliyorsa NH_3'ın oluşum ve N_2'un harcanma hızları yukarıdaki denklemlerden yararlanılarak bulunabilir.

NH_3'ın oluşma hızı,

$$\text{Hız} = \frac{P_{NH_3}}{\Delta t} = \frac{6\,\text{atm}}{3\,\text{dk}} = 2\,\text{atm/dk'dır}$$

$$N_2(g) + 3H_2(g) \longrightarrow 2NH_3(g)$$

3 atm   6 atm

Tepkimedeki katsayılara göre 6 atm NH_3'ın oluşması için 3 atm N_2'un harcanması gerekir. Bu durumda N_2'un harcanma hızı,

$$\text{Hız} = \frac{P_{N_2}}{\Delta t} = \frac{3\,\text{atm}}{3\,\text{dk}} = 1\,\text{atm/dk olur.}$$

$N_2(g) + 3H_2(g) \longrightarrow 2NH_3(g)$ tepkimesinde deneysel olarak tepkimenin ne kadar sürede tamamlandığının ölçülmesi gerekir. Bu tepkime homojen bir tepkime olduğundan hâl değişiminden yararlanılamaz. Ancak tepkimede basınç değişimi söz konusu olduğu için basınç değişiminden yararlanılabilir.

$$N_2(g) + 3H_2(g) \longrightarrow 2NH_3(g)$$

3 atm 9 atm 6 atm

$(P_{T_{girenler}} = 12 \text{ atm})$ $(P_{T_{ürünler}} = 6 \text{ atm})$

Tepkimede girenlerin toplam basıncı 12 atm, ürünün basıncı 6 atm olduğu için sistemin basıncı azalır.

ÖRNEK VE ÇÖZÜM

Örnek

1. 2 litrelik bir kapta gerçekleşen $H_2(g) + I_2(g) \longrightarrow 2HI(g)$ tepkimesinde 1 dakikada 0,06 mol H_2 gazı harcanmıştır. Buna göre HI gazının oluşum hızı kaç M/s'dir?

Çözüm

1. Tepkimeye göre 1 mol H_2 harcandığında 2 mol HI oluşur. 0,06 mol harcandığında 0,12 mol HI oluşur. Soruda HI gazının oluşum hızı M/s cinsinden istendiği için HI'ün molaritesi bulunur.

$$M = \frac{n}{V} = \frac{0,12}{2L} = 0,06\,M \qquad 1\text{dakika} = 60\,\text{saniye}$$

$$\text{Hız} = \frac{\Delta[HI]}{\Delta t} = \frac{0,06}{60} = 1 \times 10^{-3}\,M/s$$

Örnek

2. $C(k) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g)$ tepkimesi 2 saniyede gerçekleşiyor. C katısının yanma hızı 6 g/s olduğuna göre tepkimede kullanılan karbon miktarını bulunuz.

Çözüm

2.

$$\text{Hız} = \frac{\Delta[C]}{\Delta t}$$

$$6g/s = \frac{\Delta[C]}{2\,s}$$

$$\Delta[C] = 12\,g\,C$$

Örnek

3. $2CO(g) + O_2(g) \longrightarrow 2CO_2(g)$ tepkimesinde 2 dakikada normal şartlarda 44,8 L CO_2 gazı oluştuğuna göre

a) CO_2 gazının oluşma hızı kaç L/dk'dır?

b) CO ve O_2 gazının harcanma hızlarını L/dk olarak bulunuz.

Çözüm

3.

a) CO_2'in oluşma hızı

$$\text{Hız} = \frac{CO_2 \text{ hacmindeki değişme}}{\text{Zaman}} = \frac{V_{CO_2}}{\Delta t}$$

$$\text{Hız} = \frac{\Delta[CO_2]}{\Delta t} = \frac{44,8\,L}{2\,dk} = 22,4\,L/dk\text{'dır.}$$

b) Tepkimeye göre 44,8 L CO_2 oluşabilmesi için 44,8 L CO harcanmalıdır. Ayrıca tepkimeden anlaşılacağı gibi CO_2'in oluşma hızı ile CO'in harcanma hızları eşittir. Bu nedenle CO'in harcanma hızı 22,4 L/dk'dır.

Tepkimeye göre 44,8 L CO_2 oluşabilmesi için 22,4 L O_2 harcanmalıdır. Bu durumda

O_2'in harcanma hızı

$$\text{Hız} = \frac{V_{O_2}}{\Delta t} = \frac{22,4\,L}{2\,dk} = 11,2\,L/dk \text{ olur.}$$

4. $Fe(k) + 1/2O_2(g) \longrightarrow FeO(k)$ tepkimesinde 280 gram Fe metali 6 ayda paslandığına göre FeO bileşiğinin oluşma hızı kaç mol/yıldır?

(Fe: 56 g/mol)

4. $Fe(k) + 1/2\ O_2(g) \longrightarrow FeO(k)$ tepkimesine göre

$$n = \frac{m}{M_A} = \frac{280}{56} = 5\,mol$$

1 mol Fe'den 1 mol FeO oluştuğuna göre

5 mol Fe'den 5 mol FeO oluşur.

$$Hız = \frac{\triangle[FeO]}{\triangle t}$$

$$Hız = \frac{5\,mol}{0,5\,yıl} = 10\,mol/yıl \text{ olur.}$$

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. Aşağıda gaz fazında yürüyen bir tepkimenin hız formülü verilmiştir. Tepkimenin denkleştirilmiş eşitliğini yazınız.

$$Hız = \frac{-\triangle[PH_3]}{4\triangle t} = \frac{+\triangle[P_4]}{\triangle t} = \frac{+\triangle[H_2]}{6\triangle t}$$

2. $2SO_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2SO_3(g)$ tepkimesine göre 20 saniyede 12,8 g SO_2 gazı harcanmaktadır. Buna göre normal şartlarda SO_3 gazının oluşma hızı kaç mL/s'dir? (S: 32 g/mol, O: 16 g/mol)

3. $2NOCl(g) \longrightarrow 2NO(g) + Cl_2(g)$ tepkimesine göre 1 dakika 20 saniyede normal şartlarda 4,48 L Cl_2 gazı oluşmaktadır. Buna göre normal şartlarda NO gazının oluşum hızı kaç L/s'dir?

4. $S_2O_8^{2-}(suda) + 3I^-(suda) \longrightarrow 2SO_4^{2-}(suda) + I_3^-(g)$ tepkimesinde $S_2O_8^{2-}$ iyonunun ortalama harcanma hızı $2x10^{-2}$ M/s olduğuna göre 0,08 M $S_2O_8^{2-}$ kaç saniyede tepkimeye girmiştir? Bulunuz.

5. Aşağıdaki tepkimelerin hızlarını ölçmek için uygun birer yöntem öneriniz.

I. $NH_4^+(suda) + CNO^-(suda) \longrightarrow NH_2CONH_2(k)$ ....

II. $S(k) + O_2(g) \longrightarrow SO_2(g)$ ....

III. $CO(g) + 1/2O_2(g) \longrightarrow CO_2(g)$ ....

6. $Zn(k) + 2HCl(suda) \longrightarrow ZnCl_2(suda) + H_2(g)$ tepkimesi sabit sıcaklıkta 20 saniyede tamamlanmaktadır. 13 gram Zn tamamen harcanırken normal şartlarda 4,48 L H_2 gazı oluşmaktadır.

Buna göre tepkime ile ilgili

I. Tepkimede Zn katısı toz hâlde kullanılırsa tepkime hızı artar.

II. Tepkimede Zn'nun harcanma hızı ortalama 1 mol/s'dir.

III. Tepkimede normal şartlarda H_2'in oluşma hızı ortalama 2,24 L/s'dir.

yargılarından hangisi ya da hangileri doğrudur? (Zn: 65 g/mol)

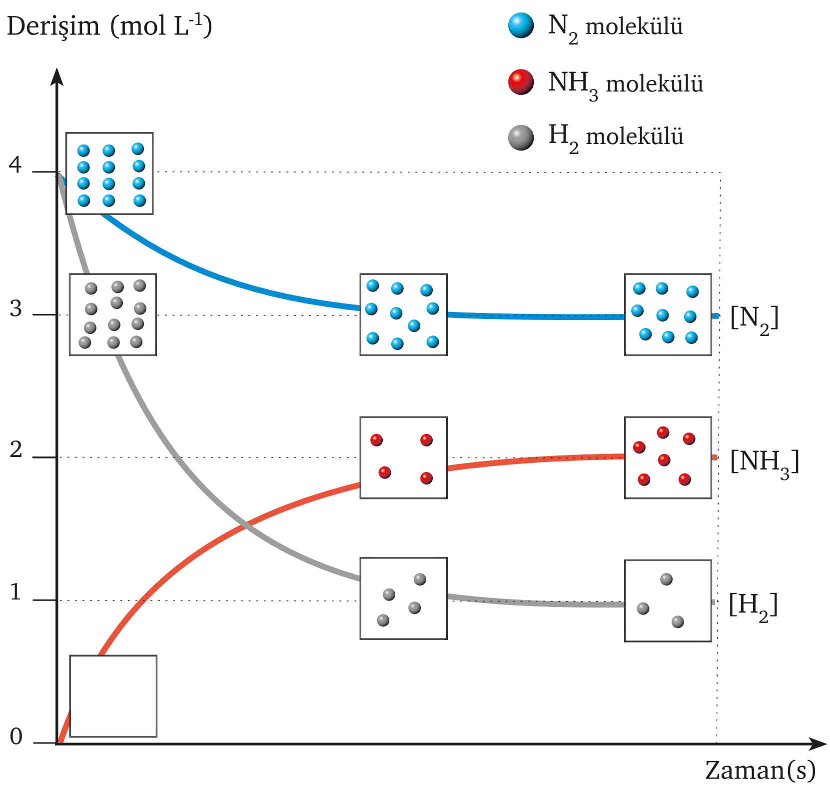
A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III D) I ve III E) II ve III

ORTALAMA TEPKİME HIZI

Çarpışma teorisine göre etkin çarpışma sayısı arttıkça tepkime hızı artar. Tepkimeye girenlerin madde miktarı tepkime başladığında en yüksek seviyededir. Tepkime ilerledikçe girenler ürünlere dönüştüğü için ortamdaki tepkimeye giren madde miktarı azalır. Dolayısıyla etkin çarpışma sayısı da azalır. Bu nedenle kimyasal tepkimelerde tepkime ilerledikçe tepkime hızı azalır.

Grafik 5.1.3'te $N_2(g) + 3H_2(g) \longrightarrow 2NH_3(g)$

tepkimesindeki N_2, H_2 ve NH_3 derişimlerinin zamanla değişimi görülmektedir. NH_3 derişiminin sıfırdan başlayarak zamanla hızla arttığı, N_2ve H_2 derişimlerininse zamanla hızla azaldığı görülür. Tepkime ilerledikçe derişimdeki değişiklik miktarı daha yavaş değişmektedir. Tepkimeye giren madde miktarı azaldıkça tepkime hızı azalır.



Grafik 5.1.3: $N_2(g) + 3H_2(g) \longrightarrow 2NH_3(g)$ tepkimesinde maddelerin zamanla derişimindeki değişiklik

Kimyasal tepkimelerde hız tepkime boyunca genellikle değişir, sabit kalmaz. Tepkimenin belirli bir andaki hızına **anlık hız** denir. Belirli bir kimyasal tepkimede birim zamanda harcanan ya da oluşan madde miktarındaki değişiklikliğe ise **ortalama tepkime hızı** denir.

Bir otomobil yolculuğu esnasında yol durumuna bağlı olarak farklı hızlarda yolculuk yapılabilir. Yolculuğun belirli bir anındaki hızla ortalama hız birbirinden farklıdır. Bu nedenle kimyasal tepkimelerde de ortalama tepkime hızı yerine genellikle tepkime hızı ifadesi kullanılır.

ÖRNEK VE ÇÖZÜM

Örnek

1. Başlangıçta 4'er M N_2 ve H_2 alınarak 3 dakikada 2 M NH_3 elde edildiğine göre bu sürede N_2 gazının ortalama harcanma hızı kaç M/s'dir?

Çözüm

1.

	$N_2(g)$ +	$3H_2(g)$ ⟶	$2NH_3(g)$
Başlangıç	4 M	4 M	-
Tepkime	1 M	3 M	2 M

2 M NH_3 elde edildiğine göre 1 M N_2 harcanmıştır. Bu durumda N_2'un ortalama harcanma hızı,

$$\text{Hız} = \frac{\Delta[N_2]}{\Delta t} = \frac{1M}{180\,s} = 1/180\,M/s\text{'dir.}$$

HOMOJEN VE HETEROJEN FAZ TEPKİMELERİ

Kimyasal tepkimeler giren ve oluşan ürünlerin fiziksel hâllerine göre homojen ve heterojen olarak sınıflandırılabilir. Homojen faz tepkimelerinde tepkimede yer alan türlerin hepsi aynı fazdadır. Homojen faz tepkimelerine örnek olarak aşağıdaki tepkimeler verilebilir.

$2NO(g) + O_2(g) \longrightarrow 2NO_2(g)$

$CO(g) + 1/2\ O_2(g) \longrightarrow CO_2(g)$

$CH_4(g) + 2O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g)$

Heterojen faz tepkimelerinde farklı fazlarda kimyasal türler bulunur. Heterojen faz tepkimelerine örnek olarak aşağıdaki tepkimeler verilebilir.

$CaCO_3(k) \longrightarrow CaO(k) + CO_2(g)$

$Zn(k) + Cu^{2+}(suda) \longrightarrow Zn^{2+}(suda) + Cu(k)$

$Fe(k) + 2HCl(suda) \longrightarrow FeCl_2(suda) + H_2(g)$

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. Aşağıda verilen tepkimelerin karşılarına homojen mi, heterojen mi olduklarını yazınız?

a) $C(k) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g)$ ....

b) $CS_2(g) + 3O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2SO_2(g)$ ....

c) $Ba(NO_3)_2(k) \longrightarrow Ba^{2+}(suda) + 2NO_3^-(suda)$ ....

NELER KAZANILDI?

1. Canan, tabloda verilen doğru ya da yanlış türündeki ifadeleri aşağıdaki gibi işaretlemiştir.

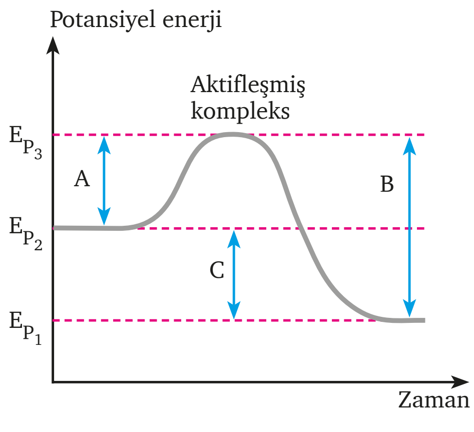
	Bilgi	Doğru	Yanlış
I	Kimyasal türler arasındaki tüm çarpışmalar etkin çarpışmadır.	✓	
II	Ürün oluşturan çarpışmalar etkin çarpışmadır.	✓	
III	Kimyasal türlerin ürün oluşturabilmesi için belli bir kinetik enerjiyle çarpışması gerekir.	✓	
IV	Kimyasal türlerin ürün oluşturabilmesi için belli bir doğrultuda çarpışması gerekir.		✓
V	Çarpışma hızı ne kadar fazla ise tepkime o kadar yavaş olur.		✓

Buna göre Canan'ın işaretlediklerinden hangileri yanlıştır?

A) I ve IV B) II ve IV C) II, III ve IV

D) I, III ve V E) I, IV ve V

2.



Potansiyel enerji-tepkime koordinatı yukarıdaki gibi olan tepkimeye ilişkin aşağıdakilerden hangisi doğrudur?

A) E_{P_1} - E_{P_2} değeri sıfırdan büyüktür.

B) C aktivasyon enerjisidir.

C) B-A = C işlemi tepkime entalpisini verir.

D) B geri tepkimenin aktifleşme enerjisidir.

E) Ürünlerin potansiyel enerjisi girenlerin potansiyel enerjisinden yüksektir.

3. $2H_2O_2(suda) \longrightarrow 2H_2O(s) + O_2(g)$ tepkimesinde,

a) Giren maddenin harcanma hızı ve ürünlerin oluşum hızları arasındaki bağıntıyı yazınız.

b) Normal şartlarda 1 dakikada 6,72 L O_2 gazı oluşuyorsa H_2O_2'in harcanma hızı kaç mol/s'dir?

4. **Tepkime hızı ile ilgili**

I. Tepkimenin herhangi bir andaki hızına ortalama tepkime hızı denir.

II. Tepkimeye girenlerin miktarı azaldıkça tepkime hızı azalır.

III. Tepkimeye giren ve oluşan ürünlerin hızları her zaman birbirine eşittir.

ifadelerinden hangisi ya da hangileri yanlıştır?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III

D) I ve III E) I, II ve III

5. $2Ag(k) + 1/2O_2(g) \longrightarrow Ag_2O(k)$

tepkimesine göre 21,60 gram Ag 8 ayda kararmaktadır.

Bu olayla ilgili

I. Tepkimede O_2'in harcanma hızı 0,25 mol/aydır.

II. Tepkimede Ag_2O'in ortalama oluşma hızı 2,90 g/aydır.

III. Tepkime boyunca Ag'ün harcanma hızı sabittir.

ifadelerinden hangisi ya da hangileri doğrudur?
(O: 16 g/mol, Ag: 108 g/mol)

A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II

D) I ve III E) II ve III

2. BÖLÜM: TEPKİME HIZINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER



NELER KAZANILACAK? **Tepkime hızına etki eden faktörler açıklanırken**

a) Tek basamaklı tepkimelerde, her iki yöndeki tepkime hızının derişime bağlı ifadeleri verilecek,
b) Çok basamaklı tepkimeler için hız belirleyici basamak üzerinde durulacak,
c) Madde cinsi, derişim, sıcaklık, katalizör (enzimlere girilmeyecek) ve temas yüzeyinin tepkime hızına etkisi üzerinde durulacak, (Arrhenius bağıntısına girilmeyecektir.)
ç) Oktay Sinanoğlu'nun kısa biyografisi ve tepkime mekanizmaları üzerine yaptığı çalışmaları tanıtan okuma parçasına yer verilecektir.

5.2.1. TEK VE ÇOK BASAMAKLI TEPKİMELER VE HIZ

Kimyasal tepkimeler tek basamakta gerçekleşebileceği gibi art arda gerçekleşen birkaç basamakta da meydana gelebilir. Bir tepkimede tepkime hızının derişime bağlılığını gösteren matematiksel ifadeye **hız denklemi** ya da **hız bağıntısı** denir. Hız denklemi, her tepkime için deney sonuçlarından elde edilen ve tepkimeye etki eden faktörleri içinde barındıran matematiksel bağıntı olarak da ifade edilebilir.

$aA(g) + bB(g) \longrightarrow cC(g) + dD(g)$

Tek basamakta gerçekleşen tepkimenin hız denkleminde, tepkimeye girenlerin molar derişimlerinin tepkime denklemindeki katsayıları üs olarak alınır. Hız denklemi hıza etki eden her maddenin derişiminin birbiri ile çarpılmasıyla elde edilir.

$\text{Hız} = k[A]^a[B]^b$ şeklinde yazılır.

Hız denklemindeki derişim terimlerinin üsleri yani a ve b'nin toplamına **tepkimenin mertebesi (derecesi)** denir.

k hız sabitidir ve her tepkime için belli bir sıcaklıkta daima sabittir.

Tepkime hız denkleminde saf sıvı ve saf katılar yer almaz. Çünkü saf sıvı ve saf katıların miktarlarının değiştirilmesi derişimlerini değiştirmez. Tepkime hız denkleminde sadece gazlar ve sulu çözeltiler yer alır.

$2KClO_3(k) \longrightarrow 2KCl(k) + 3O_2(g)$ $\qquad \text{Hız} = k$

$KCl(k) + H_2O(s) \longrightarrow K^+(suda) + Cl^-(suda)$ $\qquad \text{Hız} = k$

Hız denklemi yukarıdaki gibi olan tepkimeler sıfırıncı derecedendir.

Tek basamakta gerçekleşen $N_2(g) + 3H_2(g) \longrightarrow 2NH_3(g)$ tepkimesinin hız denklemi

$\text{Hız} = k[N_2][H_2]^3$

şeklindedir ve 4. dereceden bir tepkimedir (N_2'a göre 1, H_2'e göre 3. dereceden).

Bazı tepkimeler birden fazla basamakta gerçekleşebilir. Tepkimenin meydana geldiği basamaklar zincirine **tepkime mekanizması** denir. Tepkime mekanizması, bir tepkimenin nasıl ilerlediği konusunda sadece bir tahmindir. Bu tahmin deneysel sonuçlarla tutarlı olmalıdır. Mekanizmalı tepkimelerde hız denklemi en yavaş adıma göre yazılır.

$$H_2(g) + 2ICl(g) \longrightarrow I_2(g) + 2HCl(g)$$

tepkimesinde olduğu gibi genellikle tepkimeye giren tanecik sayısı ikiden fazla olduğunda mekanizmalı tepkime oluşur. Üç taneciğin aynı anda çarpışması genellikle tek adımda meydana gelmez.

Hidrojenin iyot monoklorürle tepkimesi tek basamakta gerçekleşseydi hız denklemi

$Hız = k[H_2][ICl]^2$

şeklinde olurdu. Fakat deneysel olarak elde edilen hız denklemi

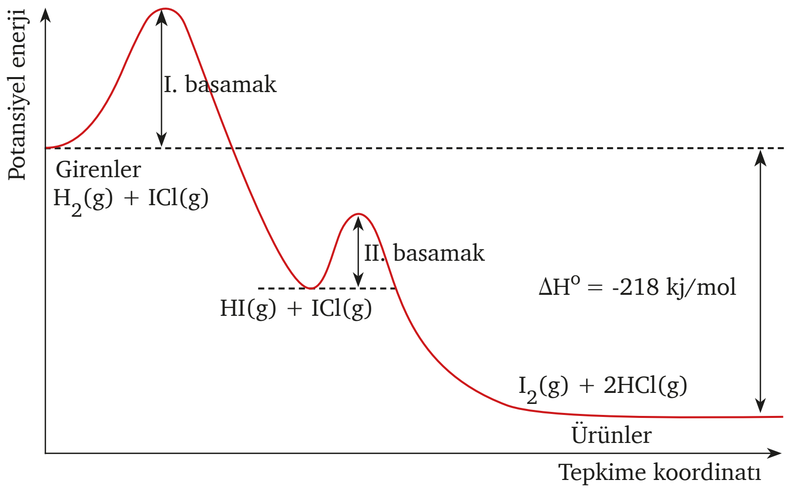
$Hız = k[H_2][ICl]$ şeklindedir. Hız denkleminin bu şekilde olması tepkimenin mekanizmalı olduğunu gösterir. Hidrojenin iyot monoklorürle tepkimesinin tepkime basamakları aşağıdaki gibidir.

I. basamak: $H_2(g) + ICl(g) \longrightarrow HI(g) + HCl(g)$ (yavaş)

II. basamak: $HI(g) + ICl(g) \longrightarrow I_2(g) + HCl(g)$ (hızlı)

Net tepkime: $H_2(g) + 2ICl(g) \longrightarrow I_2(g) + 2HCl(g)$

Grafik 5.2.1'de bu tepkimeye ait potansiyel enerji tepkime koordinatı grafiği verilmiştir.



Grafik 5.2.1: $H_2(g) + 2ICl(g) \longrightarrow I_2(g) + 2HCl(g)$ net tepkimenin potansiyel enerji-tepkime koordinatı

Grafik 5.2.1'den de anlaşılacağı gibi I. basamağın ileri aktifleşme enerjisi II. basamaktan büyük olduğu için I. basamak yavaş basamaktır. Çünkü aktifleşme enerjisi ne kadar büyükse tepkime hızı o kadar yavaştır. Mekanizmalı tepkimelerde tepkime basamakları ve hangi basamağın yavaş basamak olduğu verilmişse hız denklemi, verilen yavaş basamağa göre yazılır.

Tepkimede ara basamakta oluşarak sonraki basamakların herhangi birinde harcanan maddeye **ara ürün** denir. Birinci basamakta hidrojenin iyot monoklorürle tepkimesinde HI ara üründür ve net tepkimede yer almaz.

Bu tepkimenin yavaş basamağa göre yazılan hız denklemi

Hız = k$[H_2]$[ICl]

şeklinde olur ve tepkime 2. dereceden (2. mertebeden) bir tepkimedir. Bir tepkimenin derişiminin tepkime hızına etkisini gösteren deney sonuçlarından yararlanarak da tepkime hızı bulunabilir.

$$2NO(g) + 2H_2(g) \longrightarrow N_2(g) + 2H_2O(g)$$

tepkimesine ait tepkimeye giren maddelerin derişimlerinin değişiminin hıza etkisini gösteren deney sonuçları aşağıda verilmiştir.

Deney Numarası	Başlangıç Derişimi (M)		Ortalama Tepkime Hızı (M/s)
	[NO]	$[H_2]$	
I	0,1	0,1	2×10^{-6}
II	0,1	0,2	4×10^{-6}
III	0,2	0,1	8×10^{-6}

Tablodaki I ve II. deney sonuçları karşılaştırıldığında NO derişimi sabitken H_2 derişimi 2 kat artırıldığında hızın 2 katına çıktığı görülür. Bu durum H_2 derişiminin hızla doğru orantılı olduğunu gösterir. Benzer şekilde I ve III. deney sonuçları karşılaştırıldığında H_2 derişimi sabitken NO derişiminin 2 katına çıkması tepkime hızını 4 kat artırmıştır. NO derişimi de hıza karesi kadar etki etmektedir. Bu ilişki matematiksel olarak aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

I ve II. deneyde [NO] sabit $[H_2]$ değişkendir.

$$\frac{\text{II. deney}[H_2]}{\text{I. deney}[H_2]} = \frac{0,2}{0,1} = 2 \qquad \frac{\text{II. deney Hız}}{\text{I. deney Hız}} = \frac{4 \times 10^{-6}}{2 \times 10^{-6}} = 2^1$$

H_2 derişimi 2 katına çıktığında tepkime hızı 2 katına çıktığına göre

Hız α $[H_2]$

I ve III. deneyde $[H_2]$ sabit [NO] değişkendir.

$$\frac{\text{III. deney}[NO]}{\text{I. deney}[NO]} = \frac{0,2}{0,1} = 2 \qquad \frac{\text{III. deney Hız}}{\text{I. deney Hız}} = \frac{8 \times 10^{-6}}{2 \times 10^{-6}} = 2^2$$

NO derişimi 2 katına çıktığında tepkime hızı 4 katına çıktığına göre hız denklemi aşağıdaki şekilde belirlenebilir.

Hız α $[NO]^2$

Hız α $[H_2]$

Hız α $[NO]^2$

Hız = k·$[H_2]$·$[NO]^2$

Sonuç olarak hız denklemi şu şekilde yazılabilir.

Hız = k·$[H_2]$·$[NO]^2$

ÖRNEK VE ÇÖZÜM

Örnek

1. $H_2(g) + 2ICl(g) \longrightarrow 2HCl(g) + I_2(g)$ tepkimesinin hız denklemi Hız = k.$[H_2]$.[ICl] şeklindedir. Tepkimenin derecesini bulunuz.

Çözüm

1. Verilen tepkime ile hız denkleminin farklı olması tepkimenin mekanızmalı olmasındandır. Tepkime hız denkleminde derişimlerin üslerinin toplamı tepkimenin derecesini verir.

Tepkime derecesi =1+1=2 olur.

Örnek

2. Aşağıda tek basamakta gerçekleşen tepkimeler verilmiştir. Bu tepkimelerin hız denklemlerini yazınız.

a) $H_2(g) + I_2(g) \longrightarrow 2HI(g)$

b) $2N_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2N_2O(g)$

Çözüm

2.

a) Hız = k· $[H_2]$· $[I_2]$

b) Hız = k· $[N_2]^2$· $[O_2]$

5.2.2. TEPKİME HIZINA ETKİ EDEN FAKTÖRLER



Görsel 5.2.1: Paraşütle atlama

Bir trenin 450 km/saat hızla gitmesi istenen bir durum iken bir paraşütün yere 450 km/saatlik bir hızla inmesi istenmeyen bir durumdur (Görsel 5.2.1). İnsanoğlu fiziksel ve kimyasal olayların kendi istediği hızda gerçekleşmesini ister. Kalp krizi geçiren bir hastaya verilen ilaç en kısa sürede etki etmelidir fakat vücuttaki hücrelerin yaşlanması ise mümkün olduğunca yavaşlatılmalıdır. Kimyasal tepkimelerin hızlarını belirlemek ve değiştirmek kimyanın önemli alanlarından biridir.

Tepkime hızına etki eden faktörler şunlardır:

1. Madde cinsi
2. Derişim
3. Sıcaklık
4. Katalizör
5. Temas yüzeyi

1. MADDE CİNSİ

Tepkimeye giren maddenin cinsi tepkime hızına etki eden en önemli faktörlerden biridir. Kimyasal bir tepkimenin hızına tepkimeye giren kimyasal türlerin cinsi, fiziksel hâlleri, kopan ve oluşan bağların sayısı etki eder.

Aktif olan metal ve ametaller, diğer metal ve ametallere göre daha hızlı tepkime verir. Örneğin 2A grubunda bulunan Mg metalinin HCl çözeltisi ile tepkimesi oldukça hızlıdır. Tepkimenin hızlı oluşu gaz çıkışı ile gözlenebilir (Görsel 5.2.2). Geçiş metallerinden olan Fe ise HCl çözeltisi ile oldukça yavaş tepkime verir. Bu durum Mg metalinin tepkimeye girme eğilimine ve metalik aktifliğine bağlıdır.



Görsel 5.2.2: Mg'un HCl ile tepkimesi

$Mg(k) + 2HCl(suda) \longrightarrow MgCl_2(k) + H_2(g)$ (hızlı)

$Fe(k) + 2HCl(suda) \longrightarrow FeCl_2(k) + H_2(g)$ (yavaş)

Moleküller arasında gerçekleşen tepkimelerde, moleküller arası etkileşimleri fazla olanların tepkimesi daha yavaş gerçekleşir. Bir tepkimede kopan ve oluşan bağ sayısı fazla ise tepkime yavaş gerçekleşir. Mumun oksijenle tepkimesinde (Görsel 5.2.3) kopan ve oluşan bağ sayısı, metanın oksijenle tepkimesindeki (Görsel 5.2.4) kopan ve oluşan bağ sayısından fazladır. Bu nedenle mumun oksijenle tepkimesi yavaş, metanın oksijen gazı ile tepkimesi ise hızlıdır.



Görsel 5.2.3: Mumun O_2 ile tepkimesi

$$CH_4(g) + 2O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g) \quad \text{(hızlı)}$$

$$C_{25}H_{52}(k) + 38O_2(g) \longrightarrow 25CO_2(g) + 26H_2O(g) \quad \text{(yavaş)}$$

İyonik bağlı bileşikler arasında gerçekleşen tepkimelerde sulu çözeltilerin tepkimesi katı hâldeki türlerden daha hızlı gerçekleşir.

Katı hâldeki kurşun(II) nitrat ve potasyum iyodürün tepkimesi çok yavaş gerçekleşir. Bunun nedeni katı hâldeyken kurşun(II) nitrat ve potasyum iyodür içindeki güçlü iyonik bağın kırılmasının zor olmasıdır. Fakat bu bileşiklerin sulu çözeltilerinin tepkimesi oldukça hızlı gerçekleşir. (Görsel 5.2.5)



Görsel 5.2.4: CH_4'ın O_2 ile tepkimesi

$$Pb(NO_3)_2(k) + 2KI(k) \longrightarrow PbI_2(k) + 2KNO_3(k) \quad \text{(yavaş)}$$

$$Pb(NO_3)_2(aq) + 2KI(aq) \longrightarrow PbI_2(k) + 2KNO_3(aq) \quad \text{(hızlı)}$$

Zıt yüklü iyonlar arasında gerçekleşen tepkimeler hızlı gerçekleşen tepkimelerdir. Çünkü bu tepkimelerde zıt yüklü iyonlar birbirini çekeceğinden uygun geometri ile çarpışan tanecik sayısı dolayısıyla etkin çarpışma sayısı fazladır.

- Zıt yüklü iyonlar arasında gerçekleşen tepkimeler moleküller arasında gerçekleşen tepkimelerden daha hızlı ilerleme eğilimindedir.



Görsel 5.2.5: $Pb(NO_3)_2$ ve KI çözeltilerinin tepkimesi

$$CO(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) \quad \text{(yavaş)}$$

$$5Fe^{2+}(aq) + MnO_4^-(aq) + 8H^+(aq) \longrightarrow 5Fe^{3+}(aq) + Mn^{2+}(aq) + 4H_2O(s) \quad \text{(hızlı)}$$

- Ancak zıt yüklü iyon sayısı fazla olan tepkimeler daha yavaş gerçekleşir.

$$BrO_3^-(suda) + 5Br^-(suda) + 6H^+(suda) \longrightarrow 3Br_2(suda) + 3H_2O(s) \quad \text{(hızlı)}$$

$$2MnO_4^-(aq) + 5Sn^{2+}(aq) + 16H^+(aq) \longrightarrow 2Mn^{2+}(aq) + 5Sn^{4+}(aq) + 8H_2O(s) \quad \text{(yavaş)}$$

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. Aşağıda aynı şartlar altında verilen tepkime çiftlerinin hızlarını kendi aralarında karşılaştırınız.

a) $Na_2SO_4(k) + CaCl_2(k) \longrightarrow 2NaCl(k) + CaSO_4(k)$

$Na_2SO_4(suda) + CaCl_2(suda) \longrightarrow 2NaCl(suda) + CaSO_4(suda)$

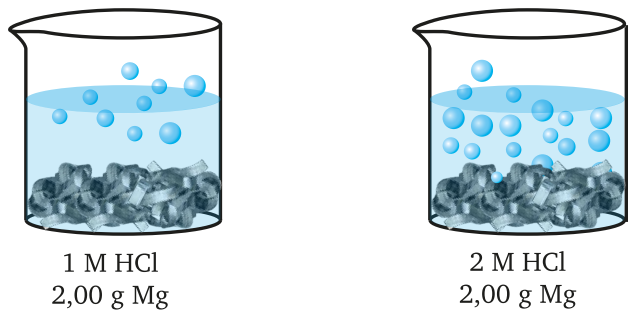
b) $3Cu(k) + 2NO_3^-(suda) + 8H^+(suda) \longrightarrow 3Cu^{2+}(suda) + 2NO(g) + 4H_2O(s)$

$C_8H_{18}(s) + 25/2O_2(g) \longrightarrow 8CO_2(g) + 9H_2O(g)$

Tepkime hızı yalnızca tepkimeye giren maddelerin cinsine bağlı değildir. Sıcaklık, derişim, katalizör gibi faktörler de tepkime hızını etkiler.

2. DERİŞİM

Tepkime hızı etkin çarpışma sayısına bağlıdır. Etkin çarpışma sayısını artıran faktörler tepkime hızını da artıracaktır. Etkin çarpışma sayısını artıran faktörlerden biri de tepkimeye giren maddelerin derişimidir. 1 M'lık HCl çözeltisi ile 2 M'lık HCl çözeltisinin 2,00 g Mg ile verdiği tepkime karşılaştırıldığında 2 M'lık HCl çözeltisinin daha hızlı tepkime verdiği görülür (Görsel 5.2.6).



Görsel 5.2.6: Derişimin tepkime hızına etkisi

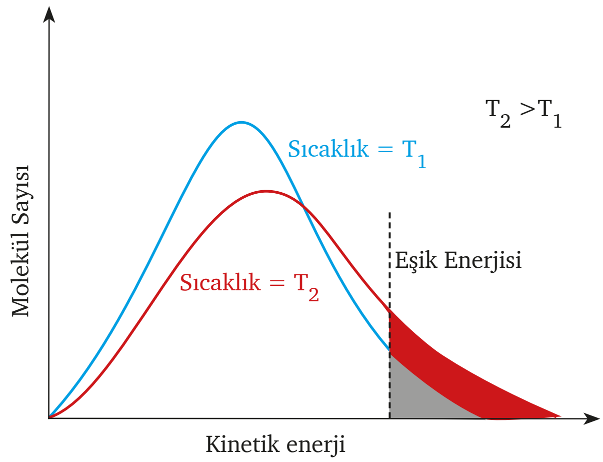
I. kap $Mg(k) + 2HCl(suda)\ (1\ M) \longrightarrow MgCl_2(aq) + H_2(g)$

II. kap $Mg(k) + 2HCl(suda)\ (2\ M) \longrightarrow MgCl_2(aq) + H_2(g)$

II. kaptaki tepkime I. kaptaki tepkimeden daha hızlı gerçekleşir çünkü derişim arttıkça tepkime hızı da artar.

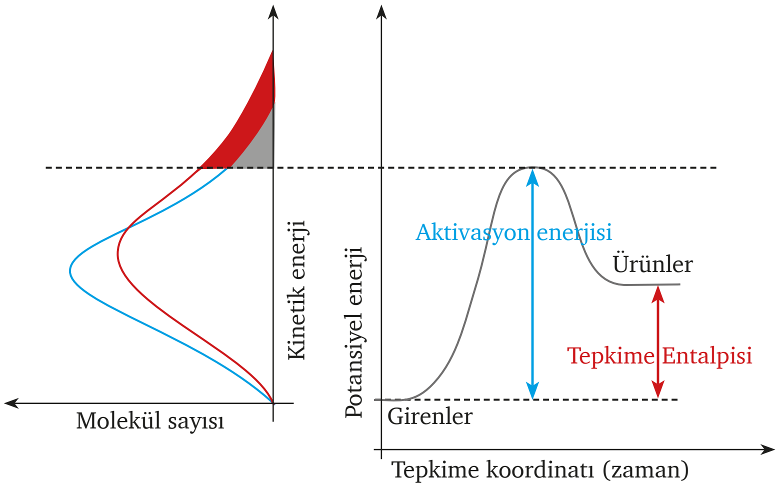
3. SICAKLIK

Sıcaklık arttıkça kimyasal türlerin kinetik enerjisi dolayısıyla etkin çarpışma sayısı ve eşik enerjisini aşan tanecik sayısı artar. Bu çarpışmalar sırasında tepkimeye girenler aktifleşmiş kompleks üzerinden ürünlere dönüşür. Girenler yeterli enerjiye sahip değilse ürüne dönüşümü mümkün olmaz.



Grafik 5.2.2: Sıcaklığın tepkime hızına etkisi

Grafik 5.2.2'den ve 5.2.3'ten anlaşılacağı gibi sıcaklığı artırmak aktifleşmiş kompleks oluşturabilecek tanecik sayısını da artırır. Eşik enerjisi değişmezken eşik enerjisini aşan tanecik sayısı artar. Böylece tepkime hızı artar.



Grafik 5.2.3: Sıcaklığın tepkime hızına etkisi

> **BİLİYOR MUSUNUZ?**
> Eşik enerjisi ile aktivasyon enerjisi aynı sayısal değere sahiptir. Tek fark eşik enerjisi kinetik enerji, aktivasyon enerjisi potansiyel enerjidir.

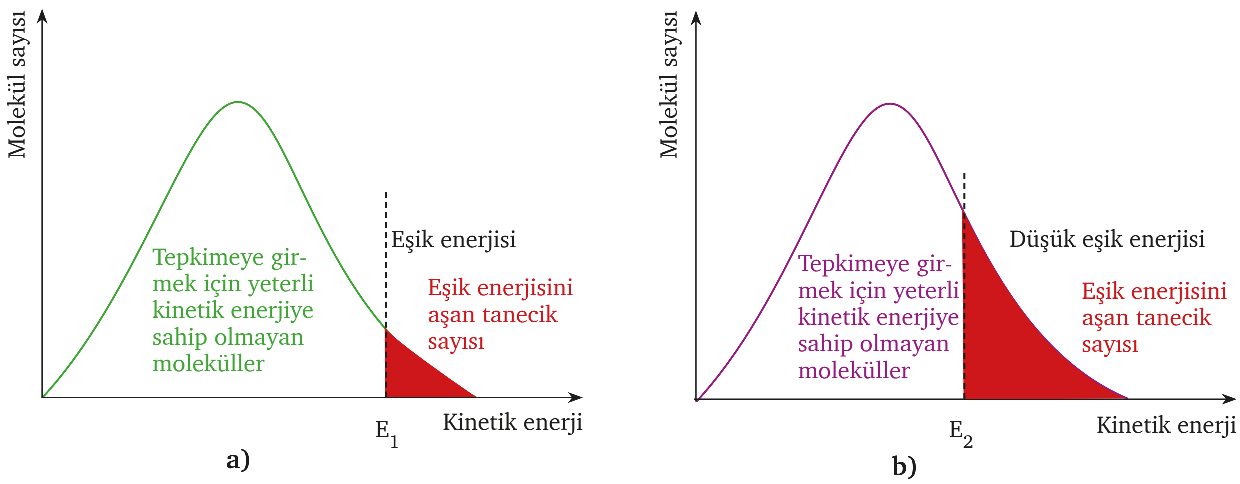
Sıcaklık artışının tepkime üzerinde iki etkisi vardır:

1. Sıcaklık arttıkça taneciklerin kinetik enerjisi ve ortalama kinetik enerji artar.
2. Aktifleşmiş kompleks oluşturabilecek taneciklerin sayısı artar. Sıcaklık artışı eşik enerjisinin değerini ve tepkimenin izlediği yolu, tepkime mekanizmasını değiştirmez.

4. KATALİZÖR

Bir tepkimede girenlerden ürünlere alternatif bir yol oluşturarak tepkime mekanizmasını değiştiren maddelere **katalizör**, tepkimeyi hızlandıran maddelere ise **pozitif katalizör** denir. Katalizörler tepkime sonunda değişikliğe uğramadan tepkimeden ayrılır. Pozitif katalizör tepkimenin aktivasyon enerjisini düşürür. Böylece farklı bir mekanizma üzerinden yürümesini sağlar. Katalizör, tepkime hızını artırırken tepkime sonunda oluşan ürünlerin bileşimini ve verimini değiştirmez.

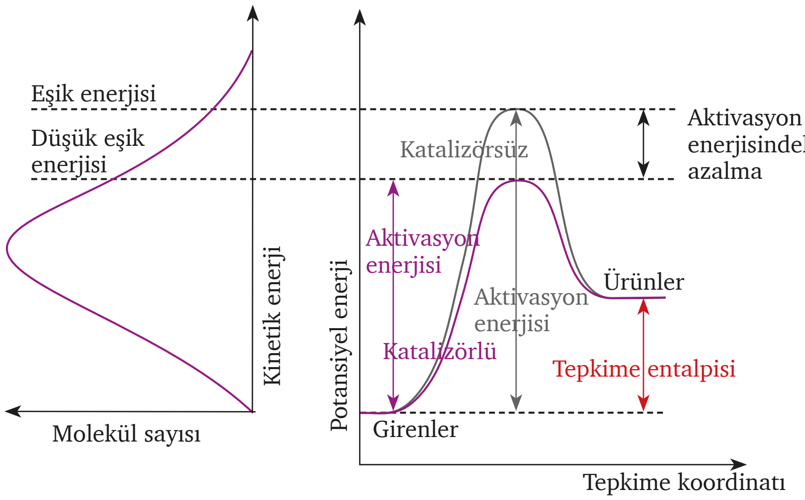
Tepkimeyi yavaşlatan maddelere **inhibitör** veya **negatif katalizör** denir.



Grafik 5.2.4: Katalizörsüz (a) ve katalizörlü (b) tepkimenin karşılaştırılması

Grafik 5.2.4'ten anlaşılacağı gibi katalizör aktivasyon enerjisinin değerini düşürür.

Böylece etkin çarpışma sayısı artar, dolayısıyla düşük aktivasyon enerjisini aşan tanecik sayısı artar. Katalizör, tepkimenin potansiyel enerji değişim grafiğini değiştirir.



Grafik 5.2.5: Katalizörün tepkime hızına etkisi

Grafik 5.2.5'ten anlaşılacağı gibi katalizör aktivasyon enerjisinin değerini düşürdüğünde ileri ve geri aktivasyon enerjisinin değeri aynı miktarda azalır. Bu durumda tepkime entalpisi değişmez.

Katalizör tepkime sonunda değişikliğe uğramadan tepkimeden ayrıldığı için net tepkime denkleminde yer almaz. Katalizörler istenirse tepkime okunun üstüne yazılabilir. Katalizör ya da inhibitör tepkime hızına etki eder fakat gerçekleşmesi imkansız bir tepkimeyi gerçekleştiremez. Tepkime mekanizmasını ve hız sabitini değiştirir.

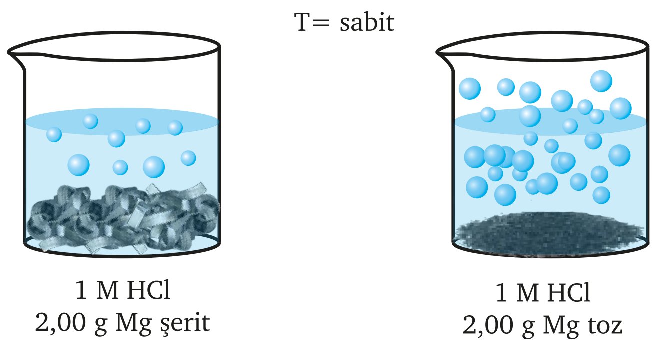
Tepkimeye giren katalizör, tepkimeye girenlerle aynı fazda ise homojen katalizör, farklı fazda ise heterojen katalizör olarak sınıflandırılır.

$$2H_2O_2(suda) \xrightarrow{Br_2(suda)} 2H_2O(s) + O_2(g)$$ Homojen katalizör

$$N_2(g) + 3H_2(g) \xrightarrow{Fe(k)} 2NH_3(g)$$ Heterojen katalizör

5. TEMAS YÜZEYİ

Tepkimeye giren taneciklerin temas yüzeyi arttıkça tanecikler arasındaki çarpışma sıyısı artacağı için tepkime hızı da artar (Görsel 5.2.7).



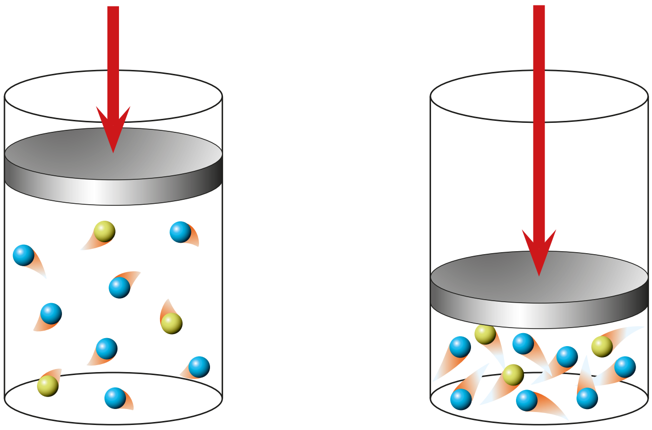
Görsel 5.2.7: Temas yüzeyinin tepkime hızına etkisi

I. kap (şerit) $Mg(k) + 2HCl(aq)\ (1\ M) \longrightarrow MgCl_2(aq) + H_2(g)$

II. kap (toz) $Mg(k) + 2HCl(aq)\ (1\ M) \longrightarrow MgCl_2(aq) + H_2(g)$

II. kaptaki tepkime I. kaptaki tepkimeye göre daha hızlı gerçekleşir.

Maddenin cinsi, derişim, sıcaklık, katalizör, temas yüzeyi gibi tepkime hızına doğrudan etki eden faktörler dışında gaz hâlindeki maddelerin basınç ve hacmini değiştirmek derişimi değiştireceği için tepkime hızını da değiştirir. Örneğin gaz hâlindeki bir tepkimede basınç artırıldığında hacim küçülür (Görsel 5.2.8), birim zamandaki çarpışma sayısı arttığı için tepkime hızı da artar.



Görsel 5.2.8: Basınç değişiminin derişime etkisi

ÖRNEK VE ÇÖZÜM

Örnek

1. $2C(k) + O_2(g) \longrightarrow 2CO(g)$ tek basamakta gerçekleşen bir tepkimedir. Bu tepkime için aşağıdaki soruları cevaplayınız.

   a) Tepkimenin hız denklemini yazınız.

   b) Tepkimenin derecesini bulunuz.

   c) Tepkimeye giren karbon miktarı 2 katına çıkarılırsa hızın nasıl değişeceğini belirtiniz.

   ç) Tepkimeye giren oksijen derişimi 2 katına çıkarılırsa tepkime hızındaki değişimeyi açıklayınız.

2. $2NOCl(g) \longrightarrow 2NO(g) + Cl_2(g)$ tepkimesi tek basamakta gerçekleşmektedir.

   a) Tepkimenin hız denklemini ve tepkime derecesini bulunuz.

   b) Tepkime hızını 4 katına çıkartmak için tepkimeye giren madde derişiminin nasıl değiştirilmesi gerektiğini belirtiniz.

Çözüm

1. $2C(k) + O_2(g) \longrightarrow 2CO(g)$

   a) Tek basamakta gerçekleştiği için verilen tepkime denklemine göre hız denklemi yazılır. Hız denkleminde katı ve saf sıvıların yer almayacağı unutulmamalıdır.
   $Hız = k \cdot [O_2]$

   b) Tepkimenin derecesi=1’dir

   c) Karbon katı olduğu için hız denkleminde yer almamaktadır. Bu nedenle karbon miktarındaki artış ya da azalış hızı etkilemez.

   ç) Tepkimeye giren oksijen miktarı 2 katına çıkarılırsa hız da 2 katına çıkar.

2. $2NOCl(g) \longrightarrow 2NO(g) + Cl_2(g)$

   a) $Hız = k \cdot [NOCl]^2$ şeklindedir ve tepkimenin derecesi 2’dir

   b) NOCl derişimi karesi kadar hızı etkilemektedir. Yani NOCl derişimi 2 katına çıkarıldığında tepkime 4 kat hızlanacaktır.

3. $X + 2Y + 3Z \longrightarrow T + U$ tepkimesi için belli bir sıcaklıkta girenlerin derişimleri değiştirildiğinde hızın da değiştiğini gösteren deneyler yapılmıştır. Deney sonuçları aşağıdaki şekildedir.

Deney	[X](mol/L)	[Y] (mol/L)	[Z] (mol/L)	HIZ(mol/L.s)
1	0,01	0,1	0,02	$2x10^{-4}$
2	0,01	0,1	0,06	$6x10^{-4}$
3	0,02	0,1	0,06	$6x10^{-4}$
4	0,01	0,2	0,02	$8x10^{-4}$

Buna göre

a) Tepkimenin hız bağıntısı nedir?

b) Hız sabitinin sayısal değeri ve birimi nedir?

c) Tepkimenin hızını belirleyen yavaş adımı tahmin ediniz?

Çözüm

a) 1. ve 2. deneyler karşılaştırıldığında X ve Y'nin derişimi sabitken Z'nin derişimi 3 katına çıktığında hızın da 3 kat arttığı görülüyor. Z'nin derişimi ile tepkime hızı doğru orantılıdır. 2. ve 3. deneyler karşılaştırıldığında X'in derişimi 2 katına çıktığında hız değişmemiştir. X, hızı etkilemediğine göre tepkime çok basamaklı bir tepkimedir ve X yavaş basamakta yer almamaktadır. Bu nedenle hız denkleminde de yer almamalıdır. 1. ve 4. deneyler karşılaştırıldığında Y'nin derişiminin 2 katına çıkması hızı 4 kat artırmıştır. O hâlde Y, hıza derişiminin karesi kadar etki etmektedir.
$Hız = k \cdot [Y]^2 \cdot [Z]$

b) Herhangi bir deney basamağı seçilerek veriler hız denkleminde yerine yazılır ve k sabiti bulunur.

$2x10^{-4}$ mol/L·s = k· $[0,1 \text{ mol/L}]^2 \cdot [0,02 \text{ mol/L}]$

k =1 $L^2/mol^2 \cdot s$

c) Yavaş basamakta girenler hız denkleminden yararlanılarak tahmin edilebilir.
$2Y + Z \longrightarrow$ ürün

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. $Zn(k) + Cu^{2+}(suda) \longrightarrow Zn^{2+}(suda) + Cu(k)$ tek basamakta gerçekleşen reaksiyonunun hız denklemini yazarak tepkimenin derecesini bulunuz.

2. $2CO(g) + O_2(g) \longrightarrow 2CO_2(g)$ tek basamakta gerçekleşen tepkime için aşağıdaki soruları cevaplayınız.

a) Tepkimenin hız denklemini yazınız.

b) Tepkimenin derecesini bulunuz.

c) O_2 miktarı sabitken tepkimeye giren karbon monoksit miktarı 3 katına çıkarılırsa hızın nasıl değişeceğini belirtiniz.

ç) CO miktarı sabitken tepkimeye giren oksijen miktarı yarıya indirilirse hız nasıl değişir? Belirtiniz.

3. $F_2(g) + 2ClO_2(g) \longrightarrow 2FClO_2(g)$ tepkimesine ait hız verileri aşağıda verilmiştir.

$[F_2]$ (mol/L)	$[ClO_2]$(mol/L)	HIZ(mol/L.s)
0,1	0,01	$1,2x10^{-3}$
0,1	0,04	$4,8x10^{-3}$
0,2	0,01	$2,4x10^{-3}$

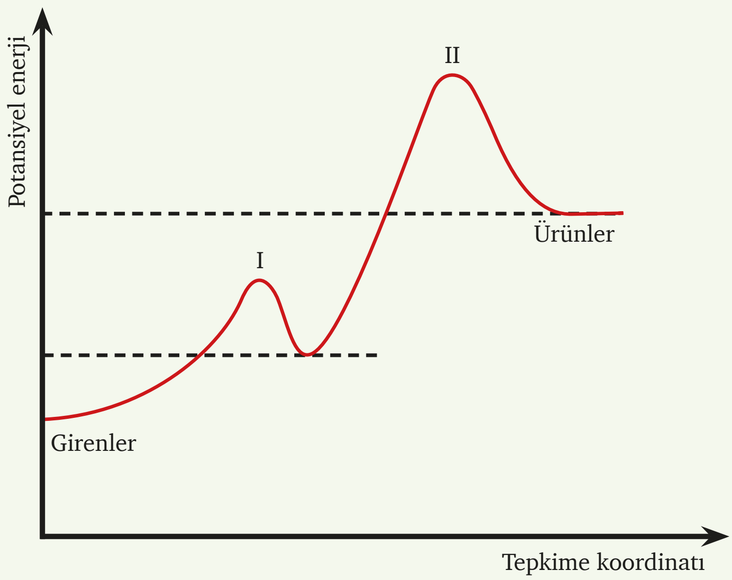
Buna göre

a) Tepkimenin hız bağıntısını bulunuz.

b) Hız sabitinin sayısal değerini ve birimini bulunuz.

c) Tepkime tek basamakta mı, çok basamakta mı gerçekleşmiştir? Açıklayınız.

4.



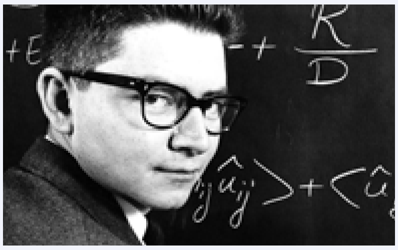
Yukarıda tepkime koordinatı-potansiyel enerji grafiği verilmiştir. Buna göre aşağıda verilen ilgili soruları cevaplayınız.

a) Tepkime kaç basamakta oluşmaktadır?

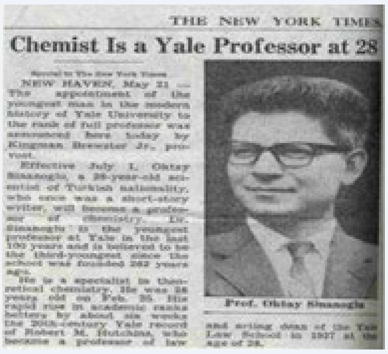
b) Tepkime hızını belirleyen basamak hangisidir?

c) Net tepkime endotermik mi, ekzotermik midir?

OKUMA PARÇASI



Görsel 5.2.9: Oktay SİNANOĞLU



THE NEW YORK TIMES

Chemist Is a Yale Professor at 28

NEW HAVEN, May 21 —

Prof. Oktay Sinanoglu

Görsel 5.2.10: Sinanoğlu Yale Üniversitesinin en genç profesörü olmuştur



Görsel 5.2.11: "Bye Bye Türkçe" Sinanoğlu'nun eserlerinden biridir.

OKTAY SİNANOĞLU (25 Şubat 1935-19 Nisan 2015)

Oktay Sinanoğlu kimyacı, moleküler biyofizikçi ve biyokimyacı olan Türk bilim insanıdır. Babasının Türkiye Başkonsolosluğundaki görevi nedeniyle İtalya'da doğdu. 1939 yılında II. Dünya Savaşı başlayınca ailesiyle İtalya'dan Türkiye'ye döndü.

1953 yılında burslu öğrenci olarak ABD'ye gitti. 1956'da Kaliforniya Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölümünü dereceyle bitirdi. Yüksek lisansını 1957'de Massachusetts Teknoloji Enstitüsünde (MIT) 8 ayda tamamladı ve bilim dünyasının en önemli ödülü olan Sloan Araştırma Ödülü'nü kazandı. Berkeley'de kuramsal kimya alanında doktorasını tamamladı. 1960'ta Yale Üniversitesinde öğretim üyesi oldu.

"Türk Aynştaynı" olarak bilinen Sinanoğlu, uluslararası çapta tanınmış bir araştırmacıdır (Görsel 5.2.9). 1963 yılında 28 yaşında kimya alanında tam profesörlük hakkı kazanarak en genç profesör unvanının da sahibi olmuştur. Yale'nin son 300 yıllık tarihinde tam profesörlük unvanını alan üçüncü en genç öğretim üyesi olduğuna inanılmaktadır. (Görsel 5.2.10). 1964 yılında Yale Üniversitesinde Teorik Kimya Bölümünü kurdu.

1960'lı yıllarda moleküllerin elektronik yapısı üzerine geliştirdiği teori en önemli çalışmalarından biridir. Elektronların davranışı, Schrödinger dalga denklemi tarafından açıklanmaya çalışılmıştır. Fakat bu denklemin çok elektronlu sistemler için çözümü neredeyse imkânsızdır. Çünkü elektronlar kendi orbitallerinde bağımsız hareket etmez. Elektronların hareketi birbiriyle ilişkilidir ve birbirini etkiler. Günümüzde elektronların hareketiyle ilgili çalışmalar hâlen devam etmektedir. Sinanoğlu elektronik Schrödinger denklemine, doğru yaklaşımlar geliştirerek bu alanda önemli adımlar atmıştır.

Yale Üniversitesinin bir üyesi olarak otuz yedi yıllık görevi boyunca "Atom ve Moleküllerin Çok-Elektron Teorisi" "Çözgeniter Kuramı", "Kimyasal Tepkime Mekanizmaları Kuramı", "Mikrotermodinamik"ve "Değerlik Kabuğu Etkileşim Kuramı" gibi konularda birçok çalışma gerçekleştirdi. 1988 yılında, kimyasal tepkimelerin mekanizmalarını açıklamaya yönelik geliştirdiği matematik teorilerine dayanan ve "Sinanoğlu İndirgemesi" olarak adlandırılan yöntemini yayımladı. Yale'den 1997'de emekli oldu.

Yale'de çalıştığı süre boyunca Türkiye'deki üniversitelerin bazılarına ve Japan Society for the Promotion of Science'ye (JSPS) danışmanlık yaptı. Sinanoğlu'na 1975 yılında TBMM'nin çıkardığı özel bir kanunla "Cumhuriyet Profesörü" unvanı verildi. Yaptığı bilimsel çalışmalarla ülkemizde ve dünyada birçok ödül aldı. 1966'da kimya dalında "TÜBİTAK Bilim Ödülü", 1973'te kimya dalında "Alexander von Humboldt Research Award" ve 1975'te "International Outstanding Scientist Award of Japan" aldığı ödüllerden bazılarıdır. İki defa Nobel Ödülü için aday gösterildi. 1973'te Japonya'ya T.C. Özel Elçisi olarak gönderildi.

Oktay Sinanoğlu 1997'de Yale'den emekli olduktan sonra 2002 yılına kadar Yıldız Teknik Üniversitesi Kimya Bölümünde profesör olarak çalışmalarını sürdürdü.

Oktay Sinanoğlu akademik çalışmalarının yanı sıra Türkçe ile ilgili çalışmalarıyla da tanınmaktadır. Sadece bilimsel kitap ve makale yazmakla kalmayan Sinanoğlu, "Hedef Türkiye", "Bye Bye Türkçe" gibi eserler de yazmıştır. (Görsel 5.2.11). Türkçenin yabancı dillerin istilası

altında olduğunu vurgulayan Oktay Sinanoğlu, Türkiye'deki bilimsel çalışmaları sırasında toplumda Türkçe bilinci oluşturmaya yönelik de çalışmıştır. Yabancı kökenli bazı kelimelere Türkçe karşılıklar öneren Sinanoğlu, matematiksel yapısı nedeniyle Türkçenin en iyi bilim dili olduğunu iddia etmiştir.

Yetenekli bir hikâye anlatıcısı, şair ve dansçı olarak da bilinen Oktay Sinanoğlu, ünlü sanatçı Esin Afşar'ın ağabeyidir. 19 Nisan 2015 tarihinde ABD'nin Florida eyaletinde hayatını kaybetmiştir. Karacaahmet Mezarlığı'nda annesi Rüveyde Sinanoğlu ve kız kardeşi Esin Afşar Aral'ın yanına defnedilmiştir.

(Yazarlar tarafından bu kitap için düzenlenmiştir.)

NELER KAZANILDI?

Tepkime hızları ile ilgili araştırma yapan Eylül

$H_2(g) + 2IBr(g) \longrightarrow I_2(g) + 2HBr(g)$

tepkimesinin iki basamakta gerçekleştiğini ve ara basamakta HI oluştuğunu öğreniyor. Bu tepkimeye ait tepkime hızı deney sonuçları tablosunu inceliyor.

Deney	$[H_2]$ M	[IBr] M	**Ortalama Tepkime Hızı**
1	0,1	0,50	$4x10^{-5}$
2	0,1	0,25	$2x10^{-5}$
3	0,2	0,25	$4x10^{-5}$

Eylül, incelemeleri sonucunda aşağıdaki sonuçlara ulaşıyor.

- Tepkimenin hız denklemi Hız = $k.[H_2][IBr]$ şeklindedir.
- Tepkimede $H_2(g) + IBr(g) \longrightarrow HI(g) + HBr(g)$ yavaş basamaktır.

1. Tablodan yararlanarak Eylül'ün bulduğu hız denklemininin doğru olup olmadığını belirleyiniz.

....

....

2. Eylül'ün bulduğu yavaş basamak doğru ise yavaş basamağı nasıl bulduğunu açıklayınız.

....

....

3. Yukarıdaki bilgilerden yararlanarak hızlı basamağı belirleyiniz.

....

....

4. Bu tepkimenin hızını artırmak isteyen Eylül'e yöntem öneriniz.

....

....

ÜNİTEYİ BİTİRİRKEN

Aşağıdaki metinde boş bırakılan yerleri verilen uygun sözcüklerle doldurunuz. Verilen soruları yanıtlayınız.

Mide asidi olarak da bilinen hidroklorik asit endüstriyel öneme sahip kimyasal maddelerden biridir. Hidroklorik asit üretimi

$H_2(g) + Cl_2(g) \longrightarrow 2HCl(g)$ tepkimesine göre gerçekleştirilir. Elde edilen asit suda çözünerek farklı derişimde asit çözeltileri elde edilir ve elde edilen asit çözeltileri çeşitli alanlarda kullanılır.

Bu tepkimenin gerçekleşebilmesi için H_2 ve Cl_2 gazlarının uygun geometride çarpışması gerekir. Çarpışan taneciklerin sahip olmaları gereken minimum toplam kinetik enerjiye (a).. denir (E_a ile gösterilir.). Birim zamanda oluşan hidroklorik asit derişiminin geçen süreye bölünmesi ile (b).. bulunur. Bu tepkimenin (c)............................... k. $[H_2].[Cl_2]$ şeklindedir. k (ç).............................dir ve sıcaklığa bağlı olarak değişir. Hidrojen ve klor gazı (d)........................... tepkime hızını eşit oranda etkiler.

Tepkimeyi hızlandırmak için alternatif bir yol oluşturan maddeye (e)...................., yavaşlatan maddeye (f)...................... denir. Tepkimenin eşik enerjisini değiştirmeden etkin çarpışma sayısını artırmak için (g)....................... artırılabilir. Tepkimeye girenlerden biri katı hâlde olsaydı (h)................................ ni artırmak da tepkime hızını artırırdı. Tepkime tek basamakta değil de birkaç basamakta meydana gelseydi (ı)........................... bir tepkime olurdu. Bu durumda tepkime hızını (i)................................ belirlerdi. Tepkimedeki basamaklar toplamı net tepkimeyi verir ve net tepkimede (j)..................... yer almaz.

- **sıcaklık**
- **ara ürün**
- **yavaş basamak**
- **ortalama tepkime hızı**
- **temas yüzeyi**
- **derişimi**
- **hız sabiti**
- **hız denklemi**
- **aktivasyon enerjisi**
- **katalizör**
- **inhibitör**
- **mekanizmalı**

1. Ortalama tepkime hızı nedir? Açıklayınız.

2. Hidroklorik asit eldesi tepkimesinde giren ve ürünlerin harcanma ve oluşma hızlarını karşılaştırınız.

3. Tepkimeye ait hız denkleminden yararlanarak tepkimenin derecesini bulunuz.

4. Aktivasyon enerjisi nedir? Açıklayınız.

5. Bir tepkimenin aktivasyon enerjisi nasıl düşürülebilir? Açıklayınız.

6. Tek basamaklı ve çok basamaklı tepkimelerde hız denklemi nasıl yazılır? Açıklayınız.

7. Katalizör ve inhibitörün tepkime hızına etkisini açıklayınız.

8. Bir tepkimenin hız sabiti nelere bağlıdır?

9. Hidroklorik asit eldesi tepkimesinde H_2 gazı derişimi 2 katına çıkarılırsa hız nasıl etkilenir? Açıklayınız.

10. Bir tepkimede ileri tepkimenin aktifleşme enerjisi geri tepkimenin aktifleşme enerjisinden büyüktür. Bu tepkimenin potansiyel enerji-tepkime koordinatı grafiğini çiziniz. Tepkimenin endotermik mi, ekzotermik mi olduğunu belirleyiniz.

Aşağıda verilen görsel ve bilgileri göz önünde bulundurarak 11-15. soruları cevaplandırınız.



Amonyum dikromat oda sıcaklığında kararlı bir bileşiktir. Fakat tutuşturulduğunda yukarıda görüldüğü gibi çok hızlı bir şekilde bozunur.

11. Amonyum dikromatın bozunma tepkimesi

$$(NH_4)_2Cr_2O_7(k) \longrightarrow N_2(g) + 4H_2O(g) + Cr_2O_3(k)$$

şeklinde olduğuna göre tepkimeye ait hız denklemini yazınız.

12. Amonyum dikromat miktarını 2 katına çıkarmak tepkimenin ortalama hızını nasıl etkiler? Açıklayınız.

13. 6 gram amonyum dikromat 3 saniyede bozulduğuna göre amonyum dikromatın ortalama bozunma hızı kaç g/s'dir?

14. Amonyum dikromatın bozunma tepkimesinin hızı nelere bağlıdır? Açıklayınız.

15. Tepkime hızını azaltmak için yöntem öneriniz.

Aşağıda verilen bilgileri göz önünde bulundurarak 16-21. soruları cevaplandırınız.

Hidrojen peroksit endüstride ve evlerde yaygın olarak kullanılan kimyasal maddelerden biridir. Derişik hidrojen peroksit aşındırıcı özelliğe neden olduğu için ciltte ve gözde kalıcı hasarlara neden olur. Bu nedenle seyreltik sulu çözeltisi kullanılır. Hidrojen peroksidin bozunma tepkimesi

$$H_2O_2(suda) \longrightarrow H_2O(s) + 1/2\ O_2(g)$$

şeklindedir. Buna göre

16. Tepkimenin hız denklemini yazınız.

17. Tepkimenin derecesini belirleyiniz.

18. Tepkimedeki giren ve ürünlerin harcanma ve oluşma hızlarını karşılaştırınız.

19. Hidrojen peroksidin derişiminin yarıya indirilmesi tepkimenin ortalama hızını nasıl etkiler? Açıklayınız.

20. Normal şartlarda 89,6 L oksijen gazı 3 saniyede oluştuğuna göre hidrojen peroksidin ortalama harcanma hızını mol/s olarak bulunuz.

21. Hidrojen peroksidin bozunması endotermik tepkime olduğuna göre tepkimenin potansiyel enerji-tepkime koordinatı grafiğini çiziniz.

22. Çarpışma teorisine göre aşağıda verilen ifadelerden hangi doğrudur?

A) Çarpışma sayısı ile tepkime hızı ters orantılıdır.
B) Çarpışma sayısını artıran faktörler etkin çarpışma sayısını azaltır.
C) Uygun geometride çarpışan tanecikler kesinlikle ürüne dönüşür.
D) Etkin çarpışma sayısı ile tepkime hızı doğru orantılıdır.
E) Katılar hız denkleminde yer almadığına göre temas yüzeyi etkin çarpışma sayısını etkilemez.

23. $3A(g) + 2B(g) \longrightarrow A_3B_2(g)$ tepkimesi ile ilgili deney sonuçları aşağıda verilmiştir.

Deney	[A]	[B]	Tepkime Hızı
1	0,2	0,1	$2x10^{-4}$
2	0,2	0,2	$8x10^{-4}$
3	0,4	0,1	$2x10^{-4}$

Verilen deney sonuçlarına göre

I. Tepkimenin hız denklemi Hız= $k.[B]^2$ şeklindedir.
II. Tepkime tek basamakta oluşmuştur.
III. Tepkimenin yavaş basamağı $2B(g) \longrightarrow$ ürün şeklindedir.
IV. Tepkimenin hız sabiti $2x10^{-2}$dir.

ifadelerinden hangisi ya da hangileri doğrudur?

A) Yalnız II B) I ve II C) III ve IV
D) I, III ve IV E) I, II, III ve IV

24. $X(g) + Y(g) \longrightarrow Z(g) + Q(g)$ (Yavaş)

$Q(g) + P(g) \longrightarrow Z(g) + R(g)$ (Hızlı)

$R(g) + P(g) \longrightarrow N(g) + Y(g)$ (Hızlı)

Yukarıda bir tepkimenin basamakları verilmiştir. **Buna göre katalizör olarak kullanılan madde hangisidir?**

A) X B) Y C) Z
D) Q E) P

25. Aşağıda verilenlerden hangisi ya da hangileri hız sabitinin değerini değiştirir?

I. Derişim
II. Basınç
III. Sıcaklık

A) Yalnız I B) Yalnız III C) I ve II
D) II ve III E) I, II ve III

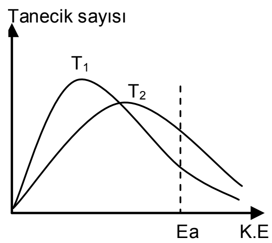
26. Aşağıda verilen bilgilere göre

I. A, B, C'nin derişimleri 2'şer katına çıktığında hız 8 katına çıkıyor.
II. A derişimi sabit tutularak B ve C'nin derişimleri 2'şer katına çıkarıldığında hız 8 katına çıkıyor.
III. C'nin derişimi sabit tutulup A ve B'nin derişimi 2'şer katına çıkarıldığında hız 4 katına çıkıyor.

tepkimenin hız denklemi seçeneklerin hangisinde doğru verilmiştir?

A) Hız= $k \cdot [B]^2$
B) Hız= $k \cdot [B]^2[C]$
C) Hız= $k \cdot [A][B][C]$
D) Hız= $k \cdot [B]\ [C]^2$
E) Hız= $k.[A][B]^2$

27. Aşağıda tanecik sayısı-kinetik enerji grafiği verilmiştir.



Buna göre

I. $T_1 > T_2$'dir.
II. T_1 sıcaklığında daha çok ürün oluşur.
III. T_2 sıcaklığında eşik enerjisini aşan tanecik sayısı daha fazladır.

ifadelerinden hangisi ya da hangileri yanlıştır?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II
D) II ve III E) I, II ve III

Aşağıdaki grafik ve bilgilerden yararlanarak 28

ve 29. soruları cevaplayınız.

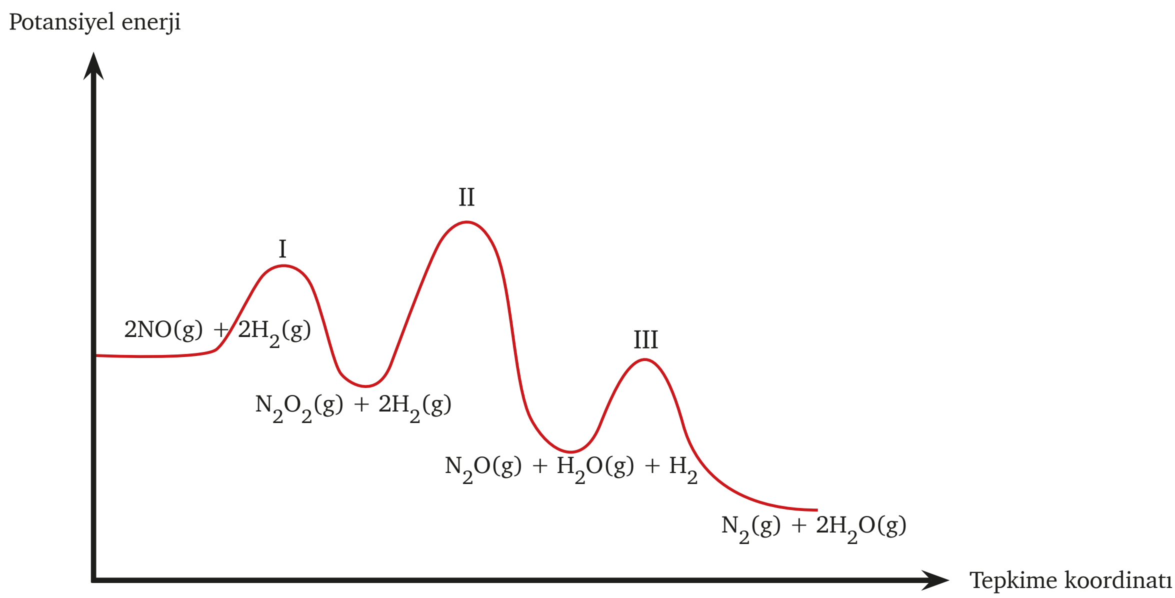
Tepkime mekanizmaları hakkında araştırma yapan Bilge ve Kağan aşağıdaki bilgileri ediniyorlar.

Kimyasal tepkimeler tek basamakta gerçekleşebileceği gibi art arda gerçekleşen basamaklardan da meydana gelebilir. Bir tepkimede tepkime hızının derişime bağlılığını gösteren matematiksel ifadeye hız denklemi ya da hız bağıntısı denir. Hız denklemi, her tepkime için deney sonuçlarından elde edilen ve tepkimeye etki eden faktörleri içinde barındıran matematiksel bağıntı olarak da ifade edilebilir. Tepkimenin meydana geldiği basamaklar zincirine tepkime mekanizması denir. Tepkime mekanizması, bir tepkimenin nasıl ilerlediği konusunda sadece bir tahmindir. Bu tahmin deneysel sonuçlarla tutarlı olmalıdır. Mekanizmalı tepkimelerde hız denklemi yavaş adıma göre yazılır.

Bu bilgiler doğrultusunda $2NO(g) + 2H_2(g) \longrightarrow N_2(g) + 2H_2O(g)$

tepkimesine ait aşağıdaki potansiyel enerji-tepkime koordinatı grafiğini inceliyorlar. Bilge ve Kağan, tepkimenin 3 basamakta gerçekleştiği konusunda hemfikirler fakat tepkime hızını belirleyen basamak konusunda anlaşamıyorlar.

Bilge tepkime hızını II. basamağın belirlediğini, Kağan ise III. basamağın belirlediğini savunuyor.



$2NO(g) + 2H_2(g) \longrightarrow N_2(g) + 2H_2O(g)$ tepkimesinin potansiyel enerji-tepkime koordinatı grafiği

28. Grafikteki hangi veriler Bilge ve Kağan'ın hemfikir olduğu sonucu desteklemektedir?

....

....

....

....

29. Tepkime hızını belirleyen basamak konusunda hangisi haklıdır? Nedenini açıklayınız.

....

....

....

....





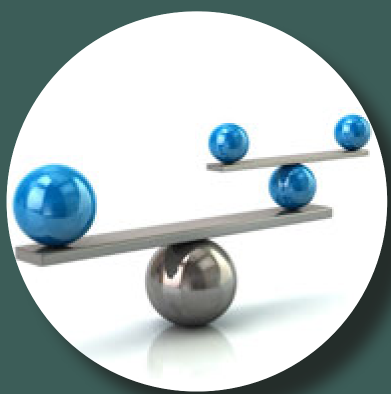
ANAHTAR KAVRAMLAR

* Asit-Baz Çifti
* Asitlik/Bazlık Sabiti
* Brönsted-Lowry Asidi/Bazı
* Çökelme Tepkimesi
* Çözünürlük Çarpımı
* Denge Sabiti
* Eşdeğerlik noktası
* İndikatör
* Kimyasal Denge
* Kuvvetli Asit/Baz
* Le Chatelier İlkesi
* Oto-İyonizasyon
* pH/pOH
* Tampon Çözelti
* Titrasyon
* Zayıf Asit/Baz

BÖLÜMLER



KİMYASAL DENGE



DENGEYİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

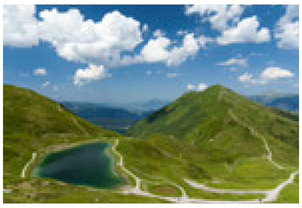


SULU ÇÖZELTİ DENGELERİ

ÜNİTEYE BAŞLARKEN



I. Pencere camının buğulanması



II. Yeryüzü suları ve atmosferdeki su buharı



III. Deniz suyundaki tuzun çözünmesi ve kristallenmesi



IV. Kurşun(II) iyodürün çözünme-çökelmesi

1. Yukarıdaki görselleri verilen olaylar ile ilgili boşlukları doldurunuz.

a) Görsellerin hepsinde denge hâlinde .... yönlü gerçekleşebilen iki olay vardır.

b) $H_2O(s) \rightleftharpoons H_2O(g)$ dönüşümünde ürün yönündeki okla .... olayı, giren yönündeki okla .... olayı gösterilmiştir.

c) $PbI_2(suda) \underset{2}{\overset{1}{\rightleftharpoons}} PbI_2(k)$ tepkimesinde 1 numaralı ok maddenin çökmesi, 2 numaralı ok maddenin .... yönünü gösterir.

ç) Deniz suyunda bulunan tuz bir yandan ...., bir yandan da kristaller hâlinde dibe .... için iki yönlü okla gösterilebilir.

d) Kimyasal maddelerin çözünme-çökelme tepkimesi .... anda devam eden olaylardır.

e) Fiziksel ve kimyasal olaylarda sıcaklık, basınç gibi koşullar değişirse ileri ya da geri yöndeki olayın gerçekleşme eğilimi ve hızı...................

2. Kimyasal denge nedir? Araştırınız.

....

....



3. Bir cambazın ip, bisiklet veya at üzerinde akrobatik hareketler yaparak durmasını sağlayan faktör nedir? Cambazın gösteri sırasında elindeki sırığı kullanmasının veya kollarını iki yana açmasının amacı nedir?

4. Aşağıdaki tabloda vücutta gerçekleşen fiziksel ve kimyasal olaylarla ilgili belirtilen ifadeleri doğru (D) veya yanlış (Y) olarak belirtiniz.

İfadeler	Karar
Hücre içi ile hücre dışı pH sürekli denge içindedir ve bu durum asit-baz dengesini sağlar.	( ) D ( ) Y
Akciğerlerde solunum sırasında oksijen (O_2) ve karbon dioksit (CO_2) dengesi sağlanır.	( ) D ( ) Y
Canlı hücreler su ve suda çözünmüş maddelerin yoğunluklarını dengelemek zorunda değildir.	( ) D ( ) Y
Vücuttaki kılcal damarlarda iki yönlü sıvı hareketi ile denge kurulmaz.	( ) D ( ) Y
Böbrek, deri, bağırsak, damar ve akciğer gibi organlarda çeşitli iyonların su, glikoz, üre gibi maddelerin dengesi, asit-baz (pH) dengesi ve vücut sıcaklığının dengesi sağlanır.	( ) D ( ) Y
Vücutta gerçekleşen tüm olaylarda fiziksel veya kimyasal denge vardır.	( ) D ( ) Y



1. BÖLÜM: KİMYASAL DENGE

NELER KAZANILACAK? **Fiziksel ve kimyasal değişimlerde denge açıklanırken**

a) Maksimum düzensizlik ve minimum enerji eğilimleri üzerinden denge açıklanacak,
b) İleri ve geri tepkime hızları üzerinden denge açıklanacak,
c) Tersinir reaksiyonlar için derişim ve basınç cinsinden denge ifadeleri türetilerek hesaplamalar yapılacak,
ç) Farklı denge sabitleri arasında ilişki kurulacaktır.

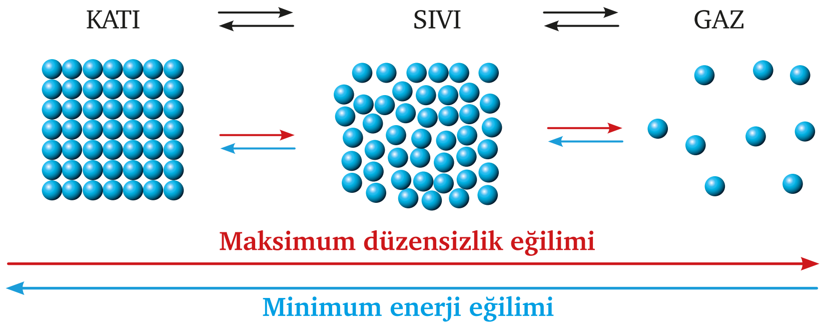
6.1.1. FİZİKSEL VE KİMYASAL DEĞİŞİMLERDE DENGE



Görsel 6.1.1: Fiziksel ve kimyasal denge

Doğada gerçekleşen her olayda enerjiyi düşürme ve düzensiz olma isteği vardır. Bu durum fiziksel ve kimyasal değişimlerle gerçekleşir. Kimyasal türler aralarındaki etkileşimin en az olmasına **maksimum düzensizlik**, düşük enerjili durumu tercih etmelerine ise **minimum enerji eğilimi** denir. Suyun buharlaşmasında maksimum düzensizlik, buharlaşan suyun tekrar yağmur olarak (Görsel 6.1.1) yeryüzüne inmesinde ise minimum enerji eğilimi rol oynar.

Maddeler enerji alarak katı hâlden sıvı ve gaz hâle geçerken maksimum düzensizlik eğilimi, gaz hâlden sıvı ve katı hâle geçerken de minimum enerji eğilimi gösterir (Görsel 6.1.2).

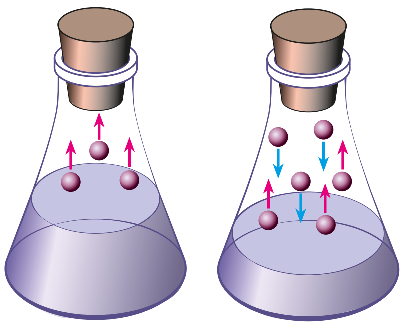


Görsel 6.1.2: Maddenin farklı fiziksel hâllerinde maksimum düzensizlik-minimum enerji eğilimi

Genellikle maksimum düzensizlik ve minimum enerjinin uzlaştığı durumda denge söz konusu olur. Belirli koşullarda maddenin farklı fiziksel hâlleri arasında kurulan dengeye **fiziksel denge** denir. Su döngüsü fiziksel dengeye örnek verilebilir.

$H_2O(s) \rightleftharpoons H_2O(g)$

Bir miktar su ile doldurulan bir kabın ağzı kapatıldığında su seviyesinin bir süre sonra buharlaşmadan dolayı azaldığı daha sonra su seviyesinin aynı kaldığı görülür. Su seviyesinin sabit kalması buharlaşmanın durduğu anlamına gelmez (Görsel 6.1.3).



Görsel 6.1.3: Denge dinamiktir.

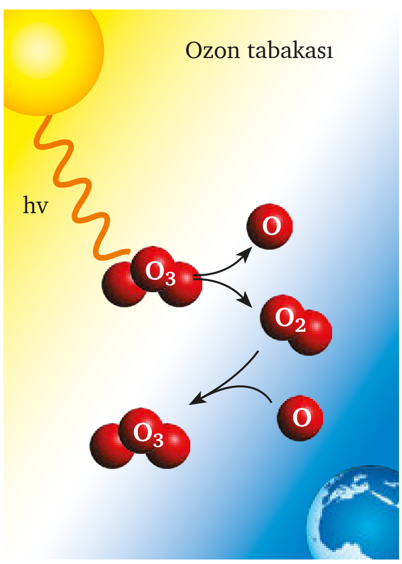
Denge durumunda gözlenebilen (makroskobik) değişiklikler durmuş gibi görünse de gözlenemeyen (mikroskobik) değişmeler devam eder. Bu nedenle denge dinamiktir. Dengenin dinamik olması girenlerin ürünlere dönüştüğü, aynı hızla ürünlerin tekrar girenleri oluşturduğu, ileri ve geri tepkimenin devam ederek sistemin dengeye geldiğini gösterir. Denge hâlinde tepkimedeki girenlerin ve ürünlerin derişimi sabittir. Girenlerin ve ürünlerin miktarının sabit kalabilmesi için sistem kapalı, sıcaklık sabit ve tepkime tersinir olmalıdır.

Kimyasal olaylarda da denge söz konusudur. Belirli koşullarda kimyasal bir tepkimede tepkimeye girenlerin ve ürünlerin derişimlerinin zamanla net değişim göstermediği duruma **kimyasal denge** denir. Görsel 6.1.4'teki ozon oluşumu ve bozunumu da kimyasal dengeye örnek verilebilir. Atmosferin strotosfer katmanında yer alan ozon, ultraviyole ışınların etkisiyle bir taraftan oksijen gazına ve radikaline dönüşürken

$O_3 + hv \longrightarrow O_2 + \bullet O$ (I. tepkime)

diğer taraftan da oluşan oksijen gazı ve radikali yeniden ozon gazına dönüşür (Görsel 6.1.4).

$O_3 \longleftarrow O_2 + \bullet O$ (II. tepkime)



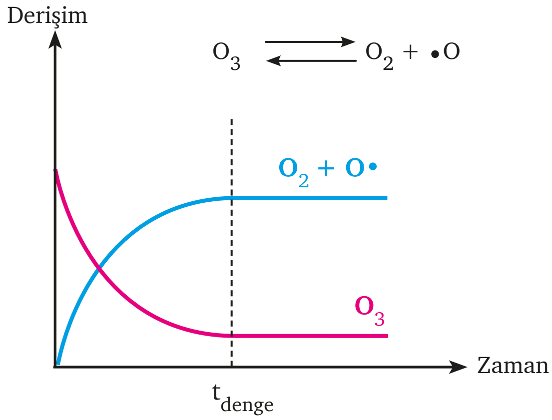
Görsel 6.1.4: Atmosferde ozon oluşumu ve bozunumu

I. tepkime ileri yönde gerçekleşirken II. tepkime geri yönde gerçekleşmektedir. Eş zamanlı gerçekleşen ileri tepkime hızı ile geri tepkime hızı eşit olduğunda tepkime dengededir.

$O_3 \rightleftharpoons O_2 + \bullet O$

Ozon gazının oluşumu ve bozunumunda olduğu gibi geri dönüşümlü olan tepkimelere **tersinir tepkime** denir. Tersinir tepkimeler çift yönlü ok ($\rightleftharpoons$) ile gösterilir. Tepkimelerde gösterilen çift yönlü ok, tepkimenin hem ileri hem de geri yönde gerçekleşebileceği anlamına gelir.

Tersinir tepkime giren maddelerin ürünleri, ürünlerin de tekrar tepkimeye giren kimyasal türleri oluşturduğu tepkimedir. Bu tür tepkimeler tepkimeye girenlerin ve ürünlerin derişimlerinin değişmediği denge tepkimesidir (Grafik 6.1.1).



Grafik 6.1.1: Ozon oluşumu ve bozunmasında derişimin zamanla değişimi

DENGE SABİTİ

Tersinir bir tepkimede denge anında ürünlerin derişimlerinin tepkimeye girenlerin derişimine oranı denge sabiti olarak tanımlanabilir. Kimyasal türlerin önünde yazılan kat sayıları derişimlerin üzerine üs olarak yazılır. Derişimler cinsinden denge sabiti K_c şeklinde gösterilir.

$$aA(g) + bB(g) \underset{Hız_g}{\overset{Hız_i}{\rightleftharpoons}} cC(g) + dD(g)$$

tepkimesinde girenlerin derişimleri başlangıçta fazla olduğundan ileri tepkime daha hızlıdır.

İleri tepkime hızı ($Hız_i$) = $k_i[A]^a[B]^b$ şeklinde yazılır.

Ürünlerin derişimleri arttıkça ileri tepkime hızı azalır, geri tepkime hızı artar.

Geri tepkime hızı ($Hız_g$) = $k_g[C]^c[D]^d$ şeklinde yazılır.

Tepkime dengeye ulaşınca tepkime hızları eşit olur.

$Hız_i = Hız_g$

ileri tepkime hızı = geri tepkime hızı

$k_i[A]^a[B]^b = k_g[C]^c[D]^d$

Hız sabitleri ve derişimler aynı tarafa geçirildiğinde

$$\frac{k_i}{k_g} = \frac{[C]^c[D]^d}{[A]^a[B]^b}$$ olur.

Sabit sıcaklıkta $\frac{k_i}{k_g}$ oranı sabit bir değer olur. Bu değere derişimler cinsinden **denge sabiti** denir, $\mathbf{K_c}$ olarak gösterilir. Denge sabiti

$$K_c = \frac{[C]^c[D]^d}{[A]^a[B]^b}$$ şeklinde yazılır.

Mekanizmalı tepkimelerde denge sabiti ara basamaklara bağlı değildir. Denge bağıntısı net tepkimeye göre yazılır. Tepkimeye giren ve oluşan ürünlerin hepsi aynı fazda olmayabilir. Tepkimeye katılan maddeler farklı fazda ise ortaya çıkan dengeye **heterojen denge** denir.

Saf sıvı ve katıların derişimi değişmediği için denge bağıntısında yer almazlar. Aşağıdaki tepkimede hidrojen gaz, kükürt katı hâlde olduğundan tepkime heterojen tepkimedir.

$H_2(g) + S(k) \rightleftharpoons H_2S(g)$ denge bağıntısı $K_c = \frac{[H_2S]}{[H_2]}$ şeklinde yazılır.

Tepkimeye katılan maddeler aynı fazda ise tepkimeye **homojen denge** denir. Aşağıdaki tepkimede azot, hidrojen ve amonyak gaz hâlde olduklarından tepkime homojen tepkimedir.

$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ denge bağıntısı $K_c = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3}$ şeklindedir.

ÖRNEK VE ÇÖZÜM

Örnek

1. Aşağıda verilen tepkimelerin denge bağıntılarını yazınız.

a) $CaCO_3(k) \rightleftharpoons CaO(k) + CO_2(g)$

b) $2NO_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g) + O_2(g)$

Çözüm

1.

a) $CaCO_3(k) \rightleftharpoons CaO(k) + CO_2(g)$ tepkimesi heterojen tepkimedir. Saf katılar denge bağıntısında yer almaz. Bu nedenle $K_c = [CO_2]$ şeklinde yazılır.

b) $2NO_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g) + O_2(g)$ tepkimesi homojen tepkimedir. Denge bağıntısı

$K_c = \frac{[NO]^2[O_2]}{[NO_2]^2}$ şeklindedir.

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. Aşağıda verilen tepkimelerin denge bağıntılarını yazınız.

a) $CO_2(g) + H_2(g) \rightleftharpoons CO(g) + H_2O(g)$

b) $CaO(k) + SO_3(g) \rightleftharpoons CaSO_4(k)$

ÖRNEK VE ÇÖZÜM

Örnek

1. $H_2(g) + F_2(g) \rightleftharpoons 2HF(g)$ tepkimesine ait 500 °C'taki denge derişimleri

$[H_2] = [F_2] = 2 \cdot 10^{-2}$ M,

$[HF] = 4 \cdot 10^{-2}$ M olduğuna göre aynı sıcaklıktaki K_c değerini hesaplayınız.

Çözüm

1. Maddelerin denge derişimleri verildiğine göre verilen değerler denge bağıntısında yerine yazılarak K_c hesaplanabilir.

$$K_c = \frac{[HF]^2}{[H_2][F_2]}$$

$$K_c = \frac{(4x10^{-2})^2}{(2x10^{-2}) \cdot (2x10^{-2})} \qquad K_c = \frac{16x10^{-4}}{4x10^{-4}} = 4$$

Denge sabiti aynı zamanda bir tepkimenin hangi yöne ilerleyeceği hakkında da bilgi verir. Tepkimenin herhangi bir anındaki derişimler denge bağıntısında yerine yazıldığında elde edilen değere **denge kesri** denir. Denge kesri Q_c ile ifade edilir. Elde edilen Q_c ile K_c karşılaştırılır.

$K_c = Q_c$ ise tepkime dengededir. Q_c tepkimedeki K_c değerinden büyük veya küçükse tepkime dengede değildir.

$K_c > Q_c$ ise sistemin dengeye ulaşabilmesi için tepkime ürünler yönüne hareket eder.

$K_c < Q_c$ ise sistemin dengeye ulaşabilmesi için tepkime girenler yönüne hareket eder.

ÖRNEK VE ÇÖZÜM

Örnek

1. $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$ tepkimesinin 500 °C'taki denge sabiti K_c = 4'tür. Aynı sıcaklıkta 1 litrelik kaba 0,2 mol H_2, 0,4 mol I_2 ve 0,2 mol HI gazları konuyor. Buna göre tepkime dengede midir? Dengede değilse dengeye ulaşması için ne yöne hareket etmelidir?

Çözüm

1. Tepkimenin denge sabiti verildiğine göre denge kesri hesaplanarak denge sabiti ile karşılaştırılır.

	$H_2(g)$	$+ \; I_2(g)$	$\rightleftharpoons$	$2HI(g)$
Ortamda:	0,2 M	0,4 M		0,2 M

$$Q_c = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]}$$

$$Q_c = \frac{(0,2)^2}{0,2 \cdot 0,4} \qquad Q_c = \frac{0,04}{0,08} = 0,5$$

$K_c > Q_c$ olduğundan sistem dengede değildir.

Dengeye ulaşabilmesi için tepkime ürünler yönüne hareket eder.

Kısmi Basınçlarla İfade Edilen Denge Bağıntısı

Tepkimeyi oluşturan kimyasal türlerin gaz fazında olduğu homojen tepkimelerde derişim yerine kısmi basınç kullanılarak denge sabiti hesaplanabilir. Kısmi basınçla ifade edilen denge sabiti "K_p" ile gösterilir. K_p ürünlerin kısmi basıncı ile tepkimeye girenlerin kısmi basıncı arasındaki oranı ifade eder. Aşağıdaki tepkimenin denge sabiti kısmi basınçlarla ifade edilirse

$aA(g) + bB(g) \rightleftharpoons cC(g) + dD(g)$ $\quad K_p = \dfrac{P_C^{\,c}\, P_D^{\,d}}{P_A^{\,a}\, P_B^{\,b}}$ şeklinde yazılır.

K_p ifadesinde yazılan P_A, P_B, P_C ve P_D; A, B, C ve D gazlarının kısmi basıncını belirtirken tepkimedeki gazların önüne yazılan kat sayıları K_p ifadesinde gazların basınçlarına üs olarak yazılır.

ÖRNEK VE ÇÖZÜM

Örnek

1. Aşağıda verilen tepkimenin kısmi basınçlarla ifade edilen denge bağıntısını yazınız.

$CS_2(g) + 3O_2(g) \rightleftharpoons CO_2(g) + 2SO_2(g)$

Çözüm

1. $K_p = \dfrac{P_{CO_2}\, P_{SO_2}^{\,2}}{P_{CS_2}\, P_{O_2}^{\,3}}$ şeklinde yazılır.

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. Aşağıda verilen tepkimelerin kısmi basınçlarla ifade edilen denge bağıntılarını yazınız.

a) $2N_2O_5(g) \rightleftharpoons 4NO(g) + 3O_2(g)$

b) $CS_2(g) + H_2O(g) \rightleftharpoons CO_2(g) + 2H_2S(g)$

K_p ve K_c İLİŞKİSİ

Kimyasal tepkimelerde basınçlar cinsinden denge sabitleri (K_p) ile derişimler cinsinden denge sabitleri (K_c) arasındaki ilişki aşağıdaki şekildedir.

Kapalı bir kapta, sabit sıcaklıkta gerçekleşen

$$aA(g) + bB(g) \rightleftharpoons cC(g) + dD(g)$$

genel tepkimesinde kısmi basınçları P_A, P_B, P_C, P_D ile gösterilerek A, B, C, D gazlarının ideal davrandığı kabul edilirse

A gazı için $P_AV = n_ART$'dir.

$$P_A = \frac{n_ART}{V} \quad [A] = \frac{n_A}{V}$$

$P_A = [A]RT$ diğer gazlar için de aynı şekilde

$P_B = [B]RT$, $P_C = [C]RT$, $P_D = [D]RT$ yazılabilir.

Bulunan değerler K_p bağıntısında yerine yazılırsa

$$K_p = \frac{(P_C)^c (P_D)^d}{(P_A)^a (P_B)^b} \qquad K_p = \frac{([C]RT)^c ([D]RT)^d}{([A]RT)^a ([B]RT)^b}$$

$$K_p = \frac{[C]^c [D]^d (RT)^{c+d}}{[A]^a [B]^b (RT)^{a+b}}$$

$$K_p = K_c(RT)^{[(c + d)-(a + b)]}$$

$K_p = K_c(RT)^{\Delta n}$ bağıntısı elde edilir.

Δn = ürünlerin toplam mol sayısı - girenlerin toplam mol sayısı

(Saf katı ve sıvıların mol sayısı alınmaz.)

$\Delta n = n_{ürünler} - n_{girenler}$ $\quad \Delta n = [(c + d)-(a + b)]$

$R = 0,0821$ L atm mol^{-1} K^{-1}

ÖRNEK VE ÇÖZÜM

Örnek

1. $2NO_2(g) \rightleftharpoons N_2O_4(g)$

tepkimesinin 546 K'deki derişimler cinsinden denge sabiti (K_c) $224x10^{-4}$'tür. Bu tepkimenin aynı sıcaklıktaki kısmi basınçlar cinsinden (K_p) denge sabitini bulunuz.

Çözüm

1. $\Delta n = n_{ürünler} - n_{girenler}$ $\quad \Delta n = 1 - 2 = -1$

$K_p = K_c(RT)^{\Delta n}$

$K_p = 224x10^{-4} \left(\frac{22,4}{273} \cdot 546\right)^{-1}$ $\quad K_p = 5x10^{-4}$

DENGE SABİTİ HESAPLAMALARI

ÖRNEK VE ÇÖZÜM

Örnek

1. $2XY(g) \rightleftharpoons X_2(g) + Y_2(g)$ tepkimesi 250 °C'ta 2 litrelik bir kapta 0,8 mol XY gazı ile başlatılıyor. Tepkime dengeye ulaştığında kapta 0,2 mol Y_2 gazı bulunduğuna göre aynı sıcaklıktaki K_c değerini hesaplayınız.

Çözüm

1. I. YOL

Mol olarak verilen madde miktarları molariteye çevrilmelidir.

$$M_{XY} = \frac{n}{V} = \frac{0,8}{2} = 0,4\,M \qquad M_{Y_2} = \frac{n}{V} = \frac{0,2}{2} = 0,1\,M$$

	$2XY(g)$	$\rightleftharpoons$	$X_2(g)$	$Y_2(g)$
Başlangıç:	0,4 M		-	-
Değişim:	-0,2		+0,1	+0,1
Denge derişimi:	0,2		0,1	0,1

$$K_c = \frac{[Y_2][X_2]}{[XY]^2} \qquad K_c = \frac{0,1 \cdot 0,1}{(0,2)^2} \qquad K_c = \frac{0,01}{0,04} = 0,25$$

II. YOL

Başlangıçta verilen miktarlar mol sayısı alınarak denge derişimi hesaplanırken molariteye çevrilebilir.

	$2XY(g)$	$\rightleftharpoons$	$X_2(g)$	$Y_2(g)$
Başlangıç:	0,8		-	-
Değişim:	-0,4		+0,2	+0,2
Denge mol sayısı:	0,4		0,2	0,2
Dengedeki molarite $\left(\frac{n}{V}\right)$	0,2 M		0,1 M	0,1 M

$$K_c = \frac{[Y_2][X_2]}{[XY]^2} \qquad K_c = \frac{0,1 \cdot 0,1}{(0,2)^2} \qquad K_c = \frac{0,01}{0,04} = 0,25$$

Örnek

2. 450 °C'ta 1 litrelik kapta 4 mol NH_3 gazı

$2NH_3(g) \rightleftharpoons N_2(g) + 3H_2\,(g)$

tepkimesine göre ayrışıyor. Tepkime dengeye ulaştığında amonyak gazının %10'nun ayrıştığı gözleniyor. Tepkimenin 450 °C'taki K_c değerini hesaplayınız.

Çözüm

2. 100 molde 10 mol ayrışıyorsa

4 molde x ayrışır

x= 0,4 mol ayrışır.

	$2NH_3(g)$	$\rightleftharpoons$	$N_2(g)$	$3H_2\,(g)$
Başlangıç:	4		-	-
Değişim:	-0,4		+0,2	+0,6
Denge mol sayısı:	3,6		0,2	0,6

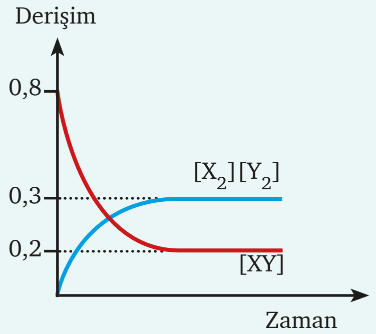
Hacim 1 L olduğundan mol sayısı molariteye eşittir.

$$K_c = \frac{[N_2][H_2]^3}{[NH_3]^2} \qquad K_c = \frac{0,2 \cdot (0,6)^3}{(3,6)^2} \qquad K_c = \frac{0,0432}{12,96} = 0,0033$$

ÖRNEK VE ÇÖZÜM

Örnek

1. Aşağıdaki grafikte verilen değerlerden yararlanarak tepkime denklemini yazınız. Tepkime denklemine göre K_c değerini hesaplayınız.



Çözüm

1. Grafiğe göre başlangıç derişimi zamanla azalan ve tepkimeye giren maddedir, zamanla derişimi artanlar ise ürünlerdir. Verilen derişimlerden yararlanıldığında

$0,6XY(g) \rightleftharpoons 0,3X_2(g) + 0,3Y_2(g)$ tepkimesi yazılır. Gerekli sadeleştirmeler yapılarak tam sayıya çevrilince tepkime aşağıdaki şekilde olur.

	$2XY(g) \rightleftharpoons$	$X_2(g)$	$+ Y_2(g)$
Başlangıç:	0,8 M	-	-
Değişim:	-0,6 M	+0,3 M	+0,3 M
Denge derişimi:	0,2 M	0,3 M	0,3 M

$$K_c = \frac{[Y_2][X_2]}{[XY]^2} \qquad K_c = \frac{0,3 \cdot 0,3}{(0,2)^2} \qquad K_c = \frac{0,09}{0,04} = 2,25$$

Örnek

2. $2NO_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g) + O_2(g)$ tepkimesi 350 °C'taki denge durumunda her bir gazın kısmi basıncı 0,5 atmosfer olduğuna göre K_p değerini hesaplayınız.

Çözüm

2. Her gazın kısmi basıncı verildiğine göre kısmi basınçlar denge bağıntısındaki yerlerine yazılarak K_p değeri hesaplanabilir.

	$2NO_2(g) \rightleftharpoons$	$2NO(g)$	$+ O_2(g)$
Denge durumu:	0,5 atm	0,5 atm	0,5 atm

$$K_p = \frac{P_{NO}^2 \, P_{O_2}}{P_{NO_2}^2} \qquad K_p = \frac{(0,5)^2 \cdot 0,5}{(0,5)^2} \qquad K_p = 0,5 \text{ atm'dir.}$$

Örnek

3. Başlangıçta 300 K'de PCl_5 gazının 4 atmosfer basınç yaptığı bir kapta, sabit sıcaklıkta

$PCl_5(g) \rightleftharpoons PCl_3(g) + Cl_2(g)$

tepkimesine göre dengeye geldiğinde PCl_3 gazının kısmi basıncı 2 atmosfer olarak ölçülüyor. Buna göre tepkimenin K_p değerini hesaplayınız.

Çözüm

3.

	$PCl_5(g) \rightleftharpoons$	$PCl_3(g)$	$+ Cl_2(g)$
Başlangıç:	4 atm	-	-
Değişim:	-2	+2	+2
Denge basıncı:	2	2	2

$$K_p = \frac{P_{PCl_3} \, P_{Cl_2}}{P_{PCl_5}} \qquad K_p = \frac{2 \cdot 2}{2} \qquad K_p = 2 \text{ atm'dir.}$$

KİMYASAL TEPKİMELERLE DENGE SABİTİ ARASINDAKİ İLİŞKİ

1. Kimyasal tepkime ters çevrildiğinde denge sabiti K_c değeri, $\frac{1}{K_c}$ değerini alır.

$A(g) + 2B(g) \rightleftharpoons C(g) + 3D(g) \qquad K_1$

$C(g) + 3D(g) \rightleftharpoons A(g) + 2B(g) \qquad K_2 = \frac{1}{K_1} = K_1^{-1}$

2. Tepkime denklemi herhangi bir katsayıyla çarpıldığında çarpılan sayı denge sabitine üs olarak yazılır.

$$A(g) + 2B(g) \rightleftharpoons C(g) + 3D(g) \qquad K_1$$

$$2A(g) + 4B(g) \rightleftharpoons 2C(g) + 6D(g) \qquad K_2 = (K_1)^2$$

3. Tepkime denklemi herhangi bir katsayıya bölündüğünde bölünen değerin 1'e bölümü K_c değerine üs olarak yazılır.

$$A(g) + 2B(g) \rightleftharpoons C(g) + 3D(g) \qquad K_1$$

$$\frac{1}{2}A(g) + B(g) \rightleftharpoons \frac{1}{2}C(g) + \frac{3}{2}D(g) \qquad K_2 = (K_1)^{\frac{1}{2}}$$

$$K_2 = \sqrt{K_1}$$

4. Bir kimyasal tepkime iki veya daha fazla kimyasal tepkimenin toplamı şeklinde yazılabiliyorsa toplam tepkimenin denge sabiti toplanan tepkimelerin denge sabitlerinin çarpımına eşittir.

$$2A(g) + 3B(g) \rightleftharpoons 2C(g) \qquad K_1$$

$$2A(g) + B(g) \rightleftharpoons 2D(g) \qquad K_2$$

$$4A(g) + 4B(g) \rightleftharpoons 2C(g) + 2D(g) \qquad K_3$$

$$K_3 = K_1 \cdot K_2$$

ÖRNEK VE ÇÖZÜM

Örnek

1. $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$

tepkimesinin denge sabiti 4 olduğuna göre aşağıda verilen aynı sıcaklıktaki tepkimelerin denge sabitlerini bulunuz.

a) $2HI(g) \rightleftharpoons H_2(g) + I_2(g)$

b) $HI(g) \rightleftharpoons \frac{1}{2}H_2(g) + \frac{1}{2}I_2(g)$

Çözüm

1. a) $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$ I. tepkime $K_1 = 4$

Tepkime I. tepkimenin ters çevrilmiş hâli olduğundan denge sabiti $\frac{1}{K_1}$ hâline getirilir.

$2HI(g) \rightleftharpoons H_2(g) + I_2(g)$ II. tepkime $K_2 = \frac{1}{K_1}$ olur.

$K_2 = \frac{1}{4}$ tür.

b) Tepkime I. tepkimenin ters çevrilerek 2'ye bölünmüş hâli olduğundan denge sabiti $\frac{1}{K_1}$ in $\frac{1}{2}$ inci üssü alınarak bulunur.

$K_2 = \left(\frac{1}{K_1}\right)^{\frac{1}{2}}$ olur. $\qquad K_2 = \sqrt{\frac{1}{4}} \qquad K_2 = \frac{1}{2}$ dir.

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. $\frac{1}{2}N_2(g) + \frac{3}{2}H_2(g) \rightleftharpoons NH_3(g)$ tepkimesinin denge sabiti 0,3 olduğuna göre aynı sıcaklıktaki $NH_3(g) \rightleftharpoons \frac{1}{2}N_2(g) + \frac{3}{2}H_2(g)$ tepkimesinin denge sabitini bulunuz.

NELER KAZANILDI?

1. $H_2S(s) + I_2(k) \rightleftharpoons 2HI(g) + S(k)$

tepkimesi için

a) Denge bağıntısını yazınız.

b) 350 K'de 1 litrelik kapalı bir kapta sistem dengeye ulaştığında 0,4 mol H_2S; 0,2 mol I_2; 0,4 mol HI ve 0,3 mol S bulunuyor. Buna göre tepkimenin aynı sıcaklıktaki derişimler cinsinden denge sabitini hesaplayınız.

2. $2N_2O_5(g) \rightleftharpoons 4NO(g) + 3O_2(g)$

tepkimesi dengede iken kısmi basınçları

$P_{N_2O_5} = 3$ atm

$P_{NO} = 1$ atm

$P_{O_2} = 1$ atm

olduğuna göre K_p'yi hesaplayınız.

3. $H_2(g) + Cl_2(g) \rightleftharpoons 2HCl(g)$

tepkimesinin 546 K'deki K_c değeri $3x10^{-2}$ olduğuna göre aynı sıcaklıktaki K_P değerini hesaplayınız.

4. $C_2H_2(g) + H_2(g) \rightleftharpoons C_2H_4(g)$

tepkimesinin 127 °C'taki denge sabiti $4x10^{-2}$dir. Aynı sıcaklıktaki K_p değerini bulunuz.

5. 1 litrelik kapalı bir kaba 4 atm basınçta N_2O_3 gazı konarak başlatılan

$N_2O_3(g) \rightleftharpoons NO(g) + NO_2(g)$

tepkimesi dengeye ulaştığında N_2O_3'ün %50'sinin ayrıştığı görülüyor.

K_P denge sabitinin değeri aşağıdakilerden hangisidir?

A) 1 B) 2 C) 3

D) 4 E) 5

6. Aşağıda verilen tepkimelerin hangisinde K_p ile K_c değeri birbirine eşittir?

I. $SO_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightleftharpoons SO_3(g)$

II. $N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g)$

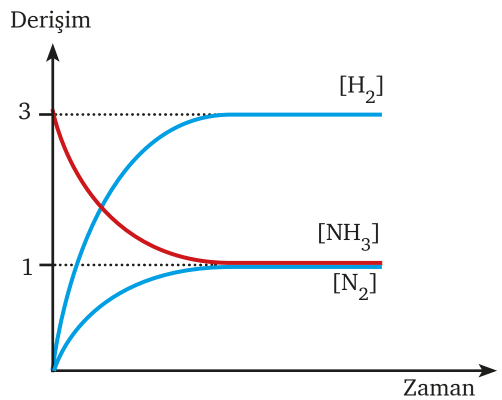
III. $CO(g) + Cl_2(g) \rightleftharpoons COCl_2(g)$

IV. $H_2(g) + Cl_2(g) \rightleftharpoons 2HCl(g)$

A) I ve II B) II ve III C) I ve III

D) II ve IV E) I, II, III ve IV

7.



Yukarıda NH_3 gazının ayrışmasına ait derişim-zaman grafiği verilmiştir.

Bu tepkimeye ait derişimler cinsinden denge sabiti aşağıdakilerden hangisidir?

A) 2 B) 3 C) 9

D) 27 E) 81



2. BÖLÜM: DENGEYİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

NELER KAZANILACAK? **Dengeyi etkileyen faktörler açıklanırken**

a) Sıcaklığın, derişimin, hacmin, kısmi basınçların ve toplam basıncın dengeye etkisini denge ifadesi üzerinden açıklayacak,

b) Le Chatelier İlkesi örnekler üzerinden irdelenecek,

c) Katalizör-denge ilişkisi vurgulanacaktır.

6.2.1. DENGEYİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER



Görsel 6.2.1: Küresel ısınma nedeniyle eriyen buzullar

Küresel ısınma nedeniyle eriyen buzul kütlesi her yıl artıyor (Görsel 6.2.1). Küresel ısınma niçin iklim değişikliklerine neden oluyor? Doğa kaybettiği dengesini geri kazanmaya mı çalışıyor? Bütün bu soruların cevabı dengedeki bir sisteme etki edildiğinde sistemin nasıl tepki vereceğinin açıklanmasında gizlidir.

Dengedeki bir sisteme etki edilmediği sürece maddelerin derişiminde ve miktarlarında zamanla bir değişiklik olmaz. Fakat sisteme etki edilirse denge bozulur. Sisteme dışarıdan uygulanabilecek etkiler şunlardır:

- Sıcaklık
- Derişim
- Hacim
- Kısmi basınç veya toplam basınç değişimi

Le Chatelier İlkesi

Kimyasal bir tepkime dengeye ulaştığında denge koşulları değiştirilmediği sürece dengede kalmaya devam eder. Yapılan etkiler denge koşullarında değişikliklere neden olursa denge bozulabilir. Denge bozulduğunda sistem yeniden dengeye ulaşabilmek için tepki verir.

Fransız kimyacı Henry Le Chatelier (Henri Lö Şatölye) dengeye ulaşmış sistem koşullarına (sıcaklık, basınç, derişim) etki edildiğinde tepkimede ne gibi değişmeler olacağını incelemiştir. İncelemeleri sonucunda ortaya koyduğu açıklamalara **Le Chatelier İlkesi** denir.

Le Chatelier İlkesi'ne göre dengedeki sisteme etki edildiğinde sistem tekrar dengeye ulaşıncaya kadar etkiyi azaltacak yönde eğilim gösterir. Yeni tepkime koşullarına göre yeniden denge kurulur.

1. SICAKLIK

Sıcaklık değişiminin dengeyi nasıl etkileyeceği tepkimenin endotermik veya ekzotermik oluşuna bağlı olarak değişir.

Ekzotermik Tepkimeye Sıcaklık Etkisi

Ekzotermik bir tepkimede sıcaklık artırıldığında tepkime bu etkiyi azaltmak için girenler yönüne hareket eder. Sıcaklık azaltıldığında ise sıcaklığı artıracak yönde yani ürünler yönüne hareket eder. Aynı zamanda sıcaklık değişimi denge sabitini de değiştirir. Sıcaklık artışı tepkimeyi geri yönde hareket ettirdiği için geri yöndeki tepkimenin hız sabitini daha çok artıracağından denge sabiti azalır. Sıcaklıktaki azalma ise tepkimeyi ileri yönde hareket ettirdiğinden ileri yöndeki tepkimenin hız sabitini daha çok artırır, böylece denge sabiti de artar (Tablo 6.2.1).

$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g) + 91$ kj tepkimesinde N_2 ve H_2 gazlarından NH_3 eldesi verilmiştir. NH_3 eldesi ekzotermik bir tepkimedir.

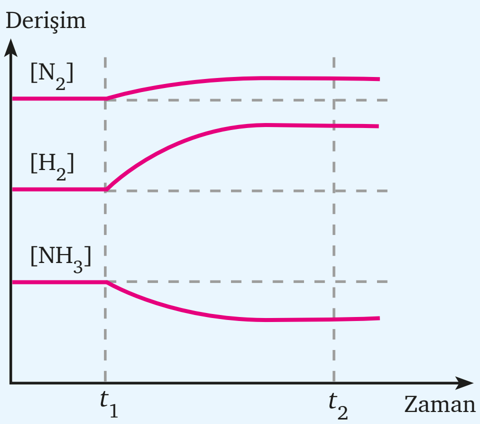
Tablo 6.2.1: Ekzotermik Tepkimelerde Sıcaklık Arttıkça K_c Denge Sabiti Azalır.

Sıcaklık (K)	K_c
298	$3,3 \times 10^8$
400	$3,9 \times 10^4$
450	$2,6 \times 10^3$
500	$1,7 \times 10^2$
550	$2,6 \times 10^1$
600	4,1

Dengedeki tepkimenin sıcaklığı artırılırsa

$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g) + 91$ kj

tepkime geri yönde hareket eder, N_2 ve H_2 gazlarının miktarı artar, tepkimenin K_c değeri azalır. Tepkimeye ait derişim-zaman grafiği Grafik 6.2.1'deki gibi olur.

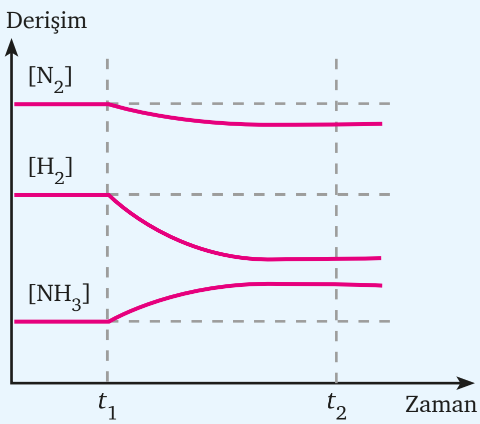


Grafik 6.2.1: Ekzotermik tepkimelerde sıcaklık artırıldığında oluşan derişim-zaman grafiği

Tepkimenin sıcaklığı azaltılırsa

$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g) + 91$ kj

tepkime ileri yönde hareket eder, NH_3 gazının miktarı ve K_c değeri artar. Tepkimeye ait derişim-zaman grafiği Grafik 6.2.2'deki gibi olur.



Grafik 6.2.2: Ekzotermik tepkimelerde sıcaklık azaltıldığında oluşan derişim-zaman grafiği

Endotermik Tepkimeye Sıcaklık Etkisi

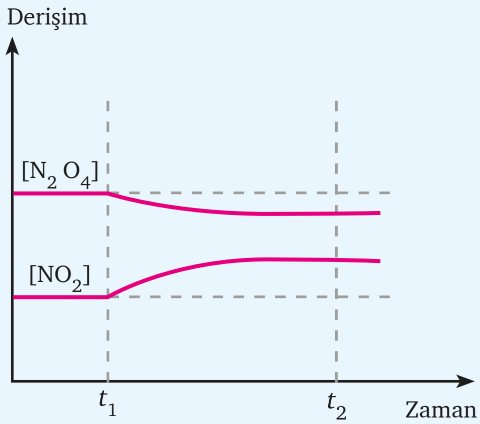
Endotermik bir tepkimede sıcaklık artırıldığında tepkime bu etkiyi azaltmak için ürünler yönüne hareket eder. Sıcaklık azaltıldığında ise sıcaklığı artıracak yönde yani geri yönde hareket eder. Endotermik bir tepkimede sıcaklık artarsa denge sabiti artar, sıcaklık azalırsa denge sabiti de azalır.

$N_2O_4(g) + 58\ kj \rightleftharpoons 2NO_2(g)$ tepkimesi endotermik bir tepkimedir.

Dengedeki tepkimenin sıcaklığı artırılırsa

$N_2O_4(g) + 58\ kj \uparrow \rightleftharpoons 2NO_2(g)$ (→)

tepkime ileri yönde hareket eder, N_2O_4 miktarı azalır, NO_2 miktarı ve K_c değeri artar. Tepkimeye ait derişim-zaman grafiği Grafik 6.2.3'teki gibi olur.

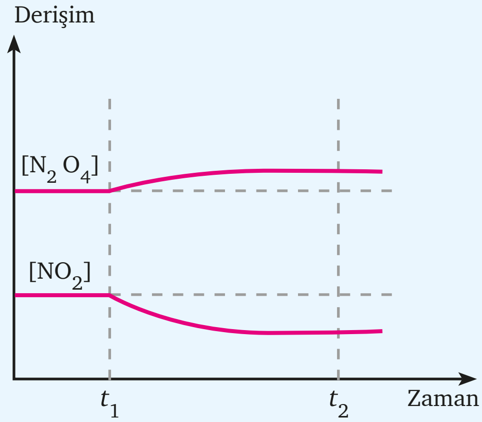


Grafik 6.2.3: Endotermik tepkimelerde sıcaklık artırıldığında oluşan derişim-zaman grafiği

Dengedeki tepkimenin sıcaklığı azaltılırsa

$N_2O_4(g) + 58\ kj \downarrow \rightleftharpoons 2NO_2(g)$ (←)

tepkime geri yönde hareket eder, NO_2 miktarı azalır, N_2O_4 miktarı artar, tepkimenin K_c değeri azalır. Tepkimeye ait derişim-zaman grafiği Grafik 6.2.4'teki gibi olur.



Grafik 6.2.4: Endotermik tepkimelerde sıcaklık azaltıldığında oluşan derişim-zaman grafiği

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1.

I. $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g) + 200,8\ kj$

II. $CaCO_3(k) + 178\ kj \rightleftharpoons CaO(k) + CO_2(g)$

Yukarıda verilen denge tepkimelerinin sıcaklığı düşürüldüğünde

a) Tepkimeler hangi yönde hareket eder? Açıklayınız.

b) Denge sabiti nasıl değişir? Açıklayınız.

c) Tepkimelere ait derişim-zaman grafiklerini çiziniz.

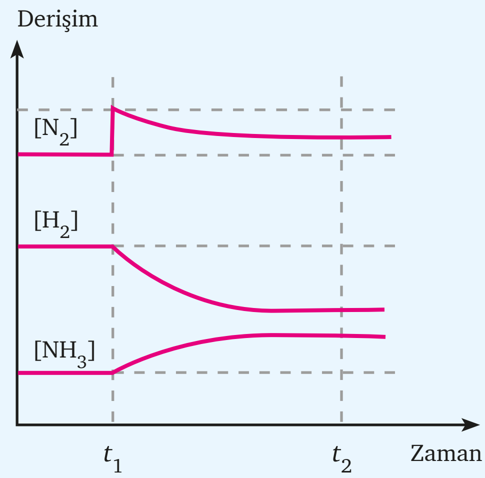
2. DERİŞİM

Le Chatelier İlkesi'ne göre dengedeki sisteme etki edildiğinde sistem etkiyi azaltacak yönde hareket eder. Bu nedenle dengedeki bir tepkimeye madde eklenirse tepkime eklenen maddeyi azaltacak yönde hareket eder. Aynı şekilde dengedeki tepkimeden madde çıkarılırsa denge azalan madde miktarını artıracak yönde hareket eder. K_c'nin değeri değişmez.

Dengedeki tepkimede girenlerden birinin derişimi (örneğin N_2 gazının derişimi) artırılırsa

$$N_2(g)\uparrow + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g) \quad (\longrightarrow)$$

tepkime bu artışı azaltmak için ileri yönde hareket eder ve tepkime tekrar dengeye ulaşıncaya kadar NH_3 derişimi artar. Bu olaya ait grafik aşağıdaki gibi olur (Grafik 6.2.5).

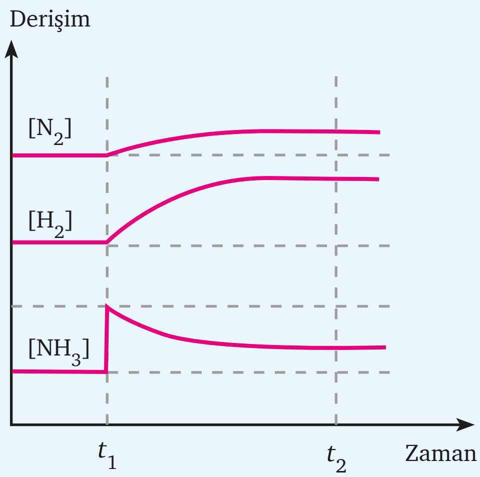


Grafik 6.2.5: Girenlerden birinin (N_2'nin) derişimi artırıldığında oluşan derişim-zaman grafiği

Dengedeki tepkimede ürün derişimi artırılırsa

$$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)\uparrow \quad (\longleftarrow)$$

tepkime bu artışı azaltmak için geri yönde hareket eder ve tepkime tekrar dengeye ulaşıncaya kadar N_2 ve H_2 derişimi artar. Bu olaya ait grafik aşağıdaki gibi olur (Grafik 6.2.6).

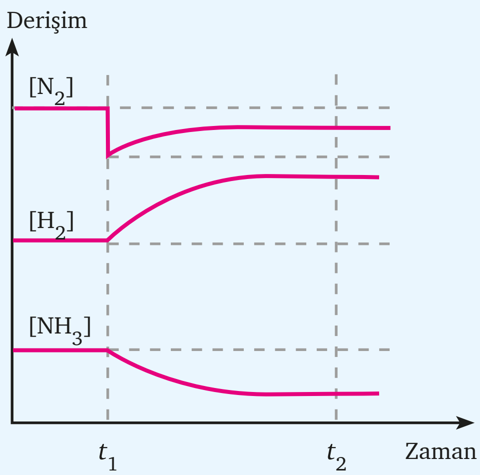


Grafik 6.2.6: Ürün derişimi (NH_3) artırıldığında oluşan derişim-zaman grafiği

Dengedeki tepkimede girenlerden ya da ürünlerden birinin derişimi azaltılırsa tepkime azalan madde miktarını artıracak yönde hareket eder.

$$N_2(g)\downarrow + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g) \quad (\longleftarrow)$$

tepkimesinde N_2 gazının derişimi azaltılırsa tepkime N_2 gazının derişimini artırmak için geri yönde hareket eder. Tepkime tekrar dengeye ulaşıncaya kadar NH_3 derişimi azalır, H_2 derişimi artar. Bu olaya ait derişim-zaman garfiği Grafik 6.2.7'deki gibi olur.



Grafik 6.2.7: Tepkimedeki maddelerden birinin (N_2'nin) derişimi azaltıldığında oluşan derişim-zaman grafiği

BİLİYOR MUSUNUZ?

Deniz seviyesinden yukarı çıkıldıkça oksijen miktarı azalır. Deniz seviyesinde oksijenin kısmi basıncı yaklaşık 0,20 atmosferken deniz seviyesinden 3 km yukarıya çıkıldığında 0,14 atmosfer civarında olur. Ani yükseklik değişikliğinde vücuttaki dokulara yeterli oksijen gitmediği için bazı sorunlar ortaya çıkar. Baş ağrısı, mide bulantısı, aşırı yorgunluk vb. görülebilir. Bu belirtilere **hipoksi** adı verilir. Vücuda yeterince oksijen gitmemesi durumunda hasta komaya girebilir, hastaya müdahale edilmezse hasta hayatını kaybedebilir. Fakat kişi uzun süre yüksek rakımlı bir bölgede yaşarsa atmosferdeki düşük oksijen miktarına vücudu alışır ve yükseklik nedeniyle oluşan rahatsızlıktan kurtulur.

Dağcılar yüksek rakımlı bölgelere çıkmadan önce haftalar, aylar boyunca hazırlık yapar (Görsel 6.2.1). Vücudun dış basınç koşullarına uyum sağlamasına **aklimatizasyon** denir.



Görsel 6.2.1: Dağcılar yüksek koşullara alışmak için uzun süre antrenman yapmak zorundadır.

Kanda oksijen taşıyan hemoglobin molekülü (Hb) ile oksijen arasındaki tepkime basitçe

$Hb(suda) + O_2(suda) \rightleftharpoons HbO_2(suda)$ şeklinde özetlenebilir.

Vücuda yeterli zaman verildiğinde vücut daha fazla hemoglobin molekülü üreterek oksijen azlığına uyum sağlayacak yönde hareket eder. Yapılan araştırmalara göre yüksek rakımlı bölgelerde uzun süre yaşayan insanların kanlarında deniz seviyesinde yaşayanlara kıyasla daha fazla hemoglobin bulunur.

ÖRNEK VE ÇÖZÜM

Örnek

1. $H_2(g) + Cl_2(g) \rightleftharpoons 2HCl(g)$ tepkimesi 500 °C'ta 1 litrelik kapalı bir kapta dengededir ve denge anında $4{,}0x10^4$ mol HCl gazı, $2{,}0x10^{-5}$er mol H_2 ve Cl_2 gazları bulunmaktadır.

a) Tepkimenin derişimler cinsinden denge sabitini bulunuz.

b) Sisteme H_2 gazı eklenirse tepkime hangi yönde ilerler? Açıklayınız.

c) Sisteme bir miktar HCl gazı eklenerek tepkimenin tekrar dengeye gelmesi sağlanıyor. Sistem tekrar dengeye geldiğinde ortamdaki H_2 gazının mol sayısı $4{,}0x10^{-5}$ mol olduğuna göre sisteme kaç mol HCl gazı eklenmiştir?

Çözüm

1. Tepkimede verilen kap hacmi 1 L olduğundan mol sayıları aynı zamanda molariteye eşittir.

a) $H_2(g) + Cl_2(g) \rightleftharpoons 2HCl(g)$

Denge derişimi: $2{,}0x10^{-5}$ $2{,}0x10^{-5}$ $4{,}0x10^4$

$$K_c = \frac{[HCl]^2}{[H_2][Cl_2]} \qquad K_c = \frac{[4x10^4]^2}{[2x10^{-5}][2x10^{-5}]} \qquad K_c = 4x10^{18}$$

b) Sisteme H_2 gazı eklenirse eklenen H_2 gazı derişimini azaltmak için tepkime ileri yönde hareket eder.

c) $H_2(g) + Cl_2(g) \rightleftharpoons 2HCl(g)$

Denge derişimi: $4{,}0x10^{-5}$ $4{,}0x10^{-5}$ $4{,}0x10^4+x$

$$K_c = \frac{[HCl]^2}{[H_2][Cl_2]} \qquad 4x10^{18} = \frac{[4x10^4 + x]^2}{[4x10^{-5}][4x10^{-5}]} \qquad 4x10^{18} = \frac{[4x10^4 + x]^2}{16x10^{-10}}$$

$64x10^8 = [4x10^4+x]^2$ her iki tarafın karekökü alınırsa

$8x10^4 = 4x10^4+x$

$x = 8x10^4 - 4x10^4 = 4x10^4$ mol HCl eklenmiştir.

3. HACİM

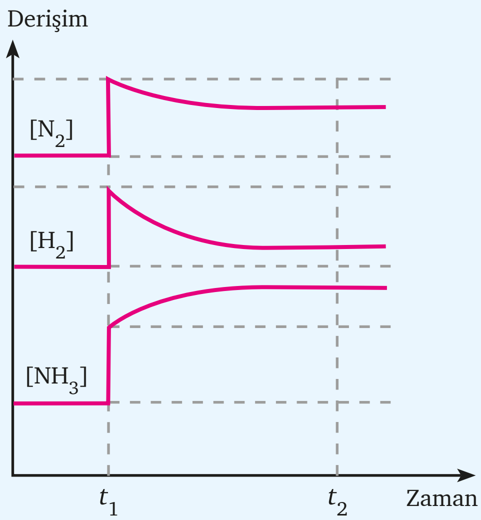
Gaz hâlindeki denge tepkimeleri hacim değişikliğinden girenlerin ve ürünlerin mol sayıları eşit olmadığı durumlarda etkilenir. Sabit sıcaklıktaki bir tepkimenin hacmi azaltıldığında basıncı artar. Tepkime basınç artışını azaltmak için gazların mol sayısının azaldığı tarafa doğru hareket eder. Hacim artırılırsa basınç azalır. Azalan basıncı artırmak için tepkime gazların mol sayısının fazla olduğu tarafa doğru hareket eder. K_c değeri değişimden etkilenmez.

$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ tepkimesine göre 4 mol madde girmiş, 2 mol madde oluşmuştur.

Dengedeki sistemin hacmi azaltılırsa tepkimedeki taneciklerin birim hacimdeki miktarı artar ve gaz basıncı da artar. Tepkime, basıncını azaltmak için gazların mol sayısının az olduğu tarafa doğru ilerler. Sistemin hacmi azaltılırsa

$$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$$

tepkime ileri yönde hareket eder ve tepkimeye ait derişim-zaman grafiği Grafik 6.2.8'deki gibi olur.

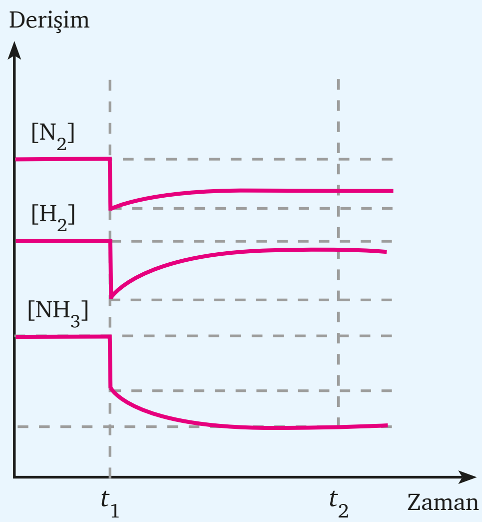


Grafik 6.2.8: Hacim azaltıldığında oluşan derişim-zaman değişimi

Dengedeki sistemin hacmi artırılırsa birim hacimdeki tanecik sayısı ve gaz basıncı azalır. Azalan basıncı artırmak için tepkime gazların mol sayısının fazla olduğu yöne hareket eder. Sistemin hacmi artırılırsa

$$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$$

tepkime geri yönde hareket eder. Tepkimeye ait derişim-zaman grafiği Grafik 6.2.9'daki gibi olur.



Grafik 6.2.9: Hacim artırıldığında oluşan derişim- zaman değişimi

Tepkimenin hacim değişiminden etkilenmesi için tepkimenin homojen olmasına gerek yoktur. Girenler ya da ürünlerde gaz hâlinde madde bulunması yeterlidir.

$$MgCO_3(k) \rightleftharpoons MgO(k) + CO_2(g)$$

tepkimesi de hacim değişiminden etkilenir. Hacim azaltılırsa CO_2 gazının basıncı artacağı için basıncı azaltmak için tepkime girenler yönüne hareket eder.

Denge tepkimesinde her iki taraftaki mol sayısı eşit ise hacim artışı veya azalışı her bir gazın kısmi basıncını eşit oranda etkileyeceği için tepkime ileri veya geri yönde hareket etmez. Bu duruma

$H_2(g) + Cl_2(g) \rightleftharpoons 2HCl(g)$ tepkimesi örnek verilebilir. Her iki tarafta da 2 mol gaz olduğu için hacim değişimi dengeyi etkilemez.

4. KISMİ BASINÇ VEYA TOPLAM BASINÇ

Gaz hâlinde bir veya daha fazla bileşen içeren denge tepkimelerinde sabit sıcaklıkta basınç değiştirildiğinde Le Chatelier İlkesi'ne göre tepkime basınç değişikliğini giderecek yönde hareket eder.

Bir tepkimede basınçla ilgili şu değişiklikler yapılabilir:

1. Tepkimeye giren veya ürünlerden herhangi birinin kısmi basıncı artırılabilir veya azaltılabilir.
2. Toplam basınç artırılabilir veya azaltılabilir.

Bu etkiler $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ tepkimesi üzerinde incelenebilir.

Bu tepkimenin kısmi basınçlar cinsinden denge sabiti

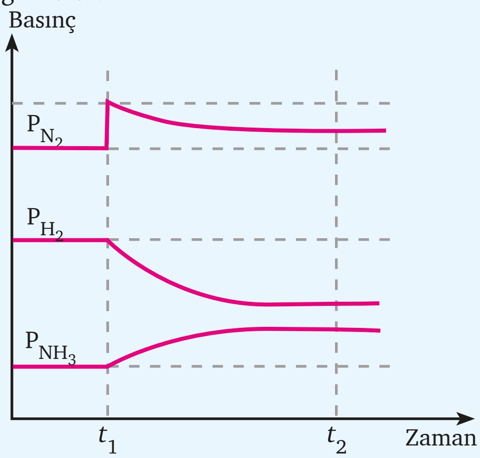
$K_p = \dfrac{P_{NH_3}^{\,2}}{P_{H_2}^{\,3} P_{N_2}}$ şeklindedir.

Tepkimeye giren veya ürünlerden herhangi birinin kısmi basıncı artırıldığında tepkime derişimde olduğu gibi bu basıncı azaltacak yönde hareket eder. Tepkimeye giren veya ürünlerden herhangi birinin kısmi basıncı azaltıldığında tepkime kısmi basıncı artıracak yönde hareket eder.

Dengedeki tepkimede N_2 gazının kısmi basıncı artırılırsa tepkime girenler tarafındaki basıncı azaltmak için ürünler yönüne hareket eder.

$$\uparrow N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$$

Tepkimeye ait derişim-zaman grafiği Grafik 6.2.10'daki gibi olur.

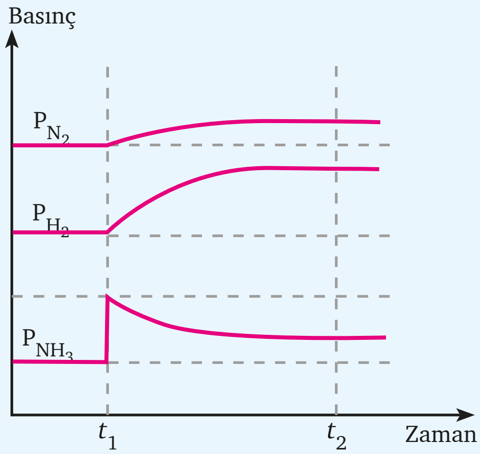


Grafik 6.2.10: Girenlerden birinin (N_2'nin) kısmi basıncı artırıldığında oluşan derişim-zaman grafiği

Dengedeki tepkimede NH_3 gazının kısmi basıncı artırılırsa tepkime ürünler tarafındaki basıncı azaltmak için girenler yönüne hareket eder.

$$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g) \uparrow$$

Tepkimeye ait derişim-zaman grafiği Grafik 6.2.11'deki gibi olur.



Grafik 6.2.11: Ürünün (NH_3) kısmi basıncı artırıldığında oluşan derişim-zaman grafiği

Toplam basınç çeşitli şekillerde değiştirilebilir. Bunlardan biri kap hacmini artırmak veya azaltmaktır. Hacim değişikliği tepkimede bulunan her bir gazın kısmi basıncını etkileyeceği için tepkime basınç değişikliğini giderecek yönde hareket eder.

Basıncı değiştirmenin diğer bir yolu da sisteme sabit sıcaklık ve hacimde inert bir gaz eklemektir. Bu durum toplam gaz basıncını artırır. Sistemdeki gazların kısmi basınçları bu durumdan etkilenmeyeceği için denge etkilenmez. Fakat sabit sıcaklıkta, sabit basınçlı (sürtünmesiz pistonlu) sisteme inert gaz eklenirse hacim artar. Dengedeki gazların kısmi basınçları azalır. Sistem basıncı artırmak için mol sayısı çok olan tarafa doğru hareket eder.

BİLİYOR MUSUNUZ?

Tepkime ortamındaki maddelerle tepkime vermeyen maddeye **inert** denir.

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. Aşağıda verilen denge tepkimelerinin bulunduğu kapların hacmi azaltılarak basınç artırılıyor. Tepkimelerin hangi yöne doğru ilerleyeceğini açıklayınız.

I. $CO_2(g) + H_2(g) \rightleftharpoons CO(g) + H_2O(g)$

II. $2NO_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g) + O_2(g)$

III. $KClO_3(k) \rightleftharpoons KCl(k) + 3/2O_2(g)$

2. $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$ denge tepkimesinde

a) H_2 gazının kısmi basıncı artırılırsa dengenin hangi yöne doğru ilerleyeceğini açıklayınız. Bu duruma ait derişim-zaman grafiğini çiziniz.

b) H_2 gazının kısmi basıncı azaltılırsa dengenin hangi yöne doğru ilerleyeceğini açıklayınız. Bu duruma ait derişim-zaman grafiğini çiziniz.

c) HI gazının kısmi basıncı azaltılırsa dengenin hangi yöne doğru ilerleyeceğini açıklayınız. Bu duruma ait derişim-zaman grafiğini çiziniz.

ç) Kap hacmi yarıya indirilirse dengenin hangi yöne doğru ilerleyeceğini açıklayınız. Bu duruma ait derişim-zaman grafiğini çiziniz.

LE CHATELİER İLKESİ İLE İLGİLİ HESAPLAMALAR

ÖRNEK VE ÇÖZÜM

Örnek

1. $SO_2(g) + NO_2(g) \rightleftarrows SO_3(g) + NO(g)$ tepkimesine göre 1 litrelik bir kapta 0,4 mol SO_2 ve 0,6 mol NO_2 gazı bulunuyor. SO_2'nin % 25'i ayrıştığında sistem dengeye geliyor. NO'in mol sayısını 0,2 mole çıkarmak için kaba kaç mol SO_2 eklenmelidir?

Çözüm

SO_2'nin %25'i ayrıştığına göre 100 molün 25 molü ayrışıyorsa
0,4 molün x

x = 0,1 mol

	$SO_2(g)$	$+ NO_2(g)$	$\rightleftarrows SO_3(g)$	$+ NO(g)$
Başlangıç:	0,4 mol	0,6 mol	-	-
Tepkime:	-0,1 mol	-0,1 mol	+0,1 mol	+0,1 mol
Denge:	0,3mol	0,5 mol	0,1 mol	0,1 mol

$K_c = \frac{[SO_3][NO]}{[SO_2][NO_2]}$ $K_c = \frac{0,1 \cdot 0,1}{0,3 \cdot 0,5}$ $K_c = \frac{1}{15}$

NO'in 0,2 mol olabilmesi için 0,1 mol NO oluşmasını sağlamak gerekir.

	$SO_2(g)$	$+ NO_2(g)$	$\rightleftarrows SO_3(g)$	$+ NO(g)$
Denge:	0,3 mol	0,5	0,1 mol	0,1 mol
Etki:	+x mol			
Değişim:	-0,1+x mol	-0,1mol	+0,1 mol	+ 0,1 mol
Yeni denge:	0,2+x mol	0,4	0,2	0,2

$K_c = \frac{[SO_3][NO]}{[SO_2][NO_2]}$ $\frac{1}{15} = \frac{0,2 \cdot 0,2}{(0,2 + x) \cdot 0,4}$ $\frac{1}{15} = \frac{0,04}{(0,2 + x) \cdot 0,4}$ x=1,3 mol

Örnek

2. 2 L'lik bir kapta gerçekleşen $H_2(g) + Cl_2(g) \rightleftarrows 2HCl(g)$ tepkimesinin 300 K'deki denge sabiti $Kc = 4,0x10^{21}$, 500 K'deki denge sabiti $Kc = 4,0x10^{12}$dir. Buna göre aşağıdaki soruları cevaplayınız.

a) Tepkime ekzotermik mi, endotermik midir? Açıklayınız.

b) Cl_2 gazının kısmi basıncı artırılırsa tepkime hangi yöne doğru ilerler? Açıklayınız.

c) 300 K'de kabın hacmi 1 L'ye düşürülürse denge hangi yöne ilerler? Denge sabiti bundan nasıl etkilenir?

Çözüm

a) Sıcaklık artışı K_c değerinin küçülmesine neden olduğuna göre ürün derişimi azalmış, giren derişimi artmıştır. Bu durum tepkimenin ekzotermik olduğu anlamına gelir.

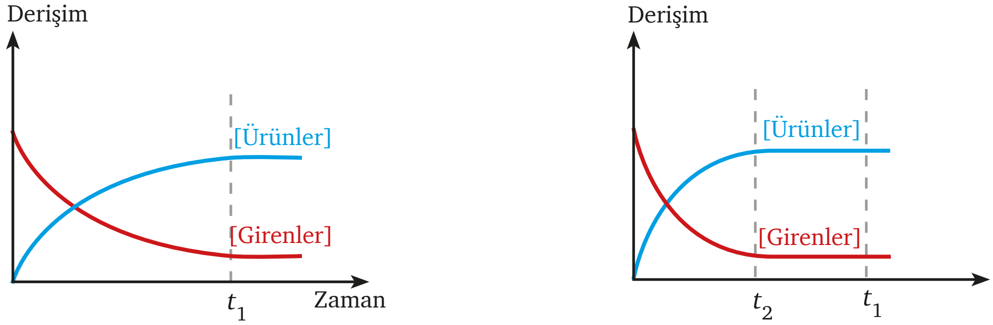
b) Cl_2 gazının kısmi basıncı artırılırsa $H_2(g) + Cl_2(g)\uparrow \rightleftarrows 2HCl(g)$ tepkime ürünler yönüne ilerler.

c) Kabın hacmi 1 L'ye düşürüldüğünde her iki taraftaki gazların mol sayısı eşit olduğu için denge hacim değişiminden etkilenmez. Denge sabiti yalnızca sıcaklık değişiminden etkilendiği için hacim değişimi denge sabitini etkilemez.

KATALİZÖR DENGE İLİŞKİSİ

Katalizör ileri ve geri tepkimelerin aktifleşme enerjilerini değiştirir. İleri ve geri tepkimelerin hızlarını eşit oranda etkiler. Tepkimenin dengeye gelme süresi kısalır (Grafik 6.2.12). Ancak sistemdeki maddelerin derişimlerine etki etmediği için dengeye etki etmez. Denge sabitini değiştirmez.

Örneğin $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ tepkimesinde Al_2O_3, MgO, K_2O gibi katalizörler kullanılır. Böylece hem reaksiyon hızlandırılır hem de uygun tepkime koşulları sağlanır.



a) Katalizör kullanılmadan denge   b) Katalizör kullanıldığında denge

Grafik 6.2.12: Katalizörün dengeye etkisi

NELER KAZANILDI?

Aşağıdaki metinden faydalanarak 1 ve 2. soruları cevaplandırınız.

Batuhan, bilim insanlarının yaptığı çalışmalara göre 2100 yılında mevsim sıcaklıklarında 3 °C'luk bir artış beklendiğini, bu artışın deniz seviyesinde yaklaşık 70 cm'lik bir yükselmeye neden olacağını okuyor.

Batuhan, kimya dersinden suyun katı hâlden gaz hâle geçişinin

$H_2O(k) + ?\ kj \rightleftharpoons H_2O(g)$ şeklinde bir denge tepkimesi olduğunu ve bir tepkimenin denge sabitinin

$K_c = \frac{[\text{ürünler}]}{[\text{girenler}]}$ bağıntısıyla hesaplandığını biliyor.

Denge tepkimeleri iki yönlü olduğuna göre bilim insanları neden durmadan bu tip açıklamalar yapıyor? Bu açıklamaların nedenini kavrayabilmek için dengeye etki eden faktörleri araştıran Batuhan, Le Chatelier ilkesi'ne göre dengedeki sisteme dışarıdan bir etki yapıldığında sistemin bu etkiyi azaltacak yönde hareket edeceği bilgisine ulaşıyor.

Batuhan yaptığı araştırmalar sonucunda buzulların erimesinin nedenini açıklıyor.

1. Aşağıdakilerden hangisi ya da hangileri Batuhan'ın açıklamasında yer almış <u>olamaz</u>?

I. Suyun katı hâlden sıvı hâle geçişinin endotermik oluşu olayın yönünü etkilemektedir.
II. Sıcaklık artışı denge sabitinin artmasına neden olmaktadır.
III. Sistem yeniden dengeye ulaştığında başlangıçtakine göre buz kütlesi azalmış olacaktır.
IV. Sıcaklık artışı durdurulduğunda sistem başlangıç durumuna geri döner.

A) Yalnız II   B) Yalnız IV   C) I ve IV
D) I, II ve IV   E) I, II, III ve V

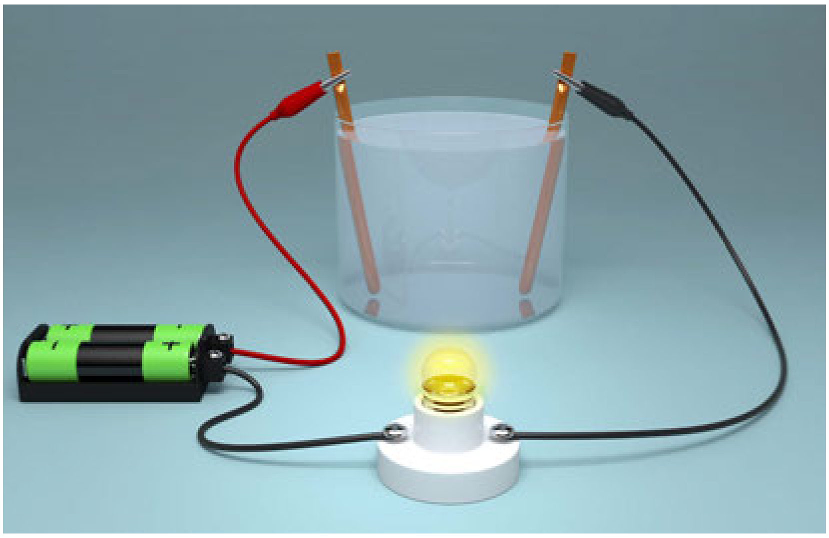
2. Batuhan, buzulların erimesini durdurmak için havaya uygun bir gazın katalizör olarak eklenebileceğini düşünüyor. Böylece tekrar başlangıç dengesine ulaşılabileceği fikrini savunuyor. Batuhan'ın fikrindeki bilimsel yanlış nedir? Açıklayınız.



3. BÖLÜM: SULU ÇÖZELTİ DENGELERİ

NELER KAZANILACAK? pH ve pOH kavramları suyun oto-iyonizasyonu üzerinden açıklanacaktır.

6.3.1. SUYUN OTO-İYONİZASYONU



Görsel 6.3.1: Suyun elektrik akımını iletmesi

Bir sıvının elektriği iletmesi pozitif veya negatif yüklü iyonların sıvıda bulunan elektrotlara doğru hareket etmesi ile gerçekleşir. Polar yapıya sahip moleküler bir bileşik olduğu için saf suyun elektriği iletmeyeceği düşünülür. Ancak hassas ölçümler çok az da olsa elektrik iletkenliğinin olduğunu gösterir (Görsel 6.3.1). Elektrik iletkenliğinin olması suyun az da olsa iyonlarına ayrışması ile açıklanır.

Suyun kendi kendine iyonlaşmasına suyun **oto-iyonizasyonu (otoprotolizi)** denir ve tersinir tepkime olduğu için su molekülü iyonlarıyla denge hâlindedir.

$$H_2O(s) \rightleftharpoons H^+(suda) + OH^-(suda)$$

BİLİYOR MUSUNUZ?

Su içindeki iyonik bileşiklerin miktarı arttıkça suyun iletkenliği de artar. İletkenlik sıcaklık ile değiştiği için ölçümler genellikle 25 °C'ta yapılır. Laboratuvarda elektrik iletkenliği hassas cihazlarla ölçülen farklı su örneklerinin iletkenliği aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Suyun Türü	Elektriksel İletkenlik $\mu S/cm$
Saf su	0,05
Damıtık su	1
Yağmur veya kar suyu	2-100
Yüzey/zemin suyu	50-50,000
Deniz suyu	50,000

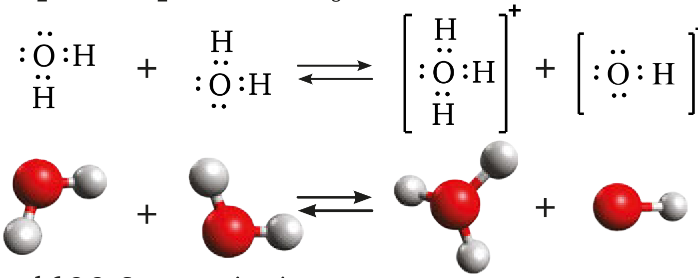
Deniz suyunun iletkenliğinin fazla olması yüksek oranda tuz, sodyum ve klorür iyonu bulundurmasındandır.

Suyun denge tepkimesinde H^+ ve OH^- iyonları bulunur. H^+ iyonu çok küçük iyon yarıçapına sahiptir. H^+ iyonu proton gibi davranarak diğer su molekülleriyle kolaylıkla tepkimeye girer ve hidronyum (H_3O^+) iyonunu oluşturur.

$$H_2O(s) + H^+(suda) \rightleftharpoons H_3O^+(suda)$$

Bir su molekülü başka bir su molekülü ile etkileşime girdiğinde aralarında bir proton aktarımı olur ve eşit miktarda hidronyum (H_3O^+) ve hidroksit (OH^-) iyonu meydana gelir (Görsel 6.3.2).

$$H_2O(s) + H_2O(s) \rightleftharpoons H_3O^+(suda) + OH^-(suda)$$



Görsel 6.3.2: Suyun oto-iyonizasyonu

Suyun oto-iyonizasyonunu gösteren bu denge tepkimesi için denge bağıntısı aşağıdaki gibi yazılır.

$$K_c = [H_3O^+][OH^-]$$

Tablo 6.3.1: Farklı Sıcaklıklarda Saf Suyun İyonlaşma Sabiti

Sıcaklık (°C)	K_{su}
0	$0{,}113 \times 10^{-14}$
10	$0{,}292 \times 10^{-14}$
25	$1{,}008 \times 10^{-14}$
30	$1{,}468 \times 10^{-14}$
40	$2{,}917 \times 10^{-14}$
50	$5{,}473 \times 10^{-14}$

Denge bağıntısı H_3O^+ iyonu yerine H^+ sembolü ile gösterilerek aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$K_c = [H^+][OH^-]$$

K_c denge sabitine **suyun iyonlaşma sabiti** denir ve genellikle $\mathbf{K_{su}}$ ile gösterilir. Denge sabiti sıcaklıktan etkilendiği için suyun denge sabiti (K_{su}) değeri de sıcaklıkla değişir (Tablo 6.3.1). Saf suyun standart koşullarda (1 atm basınç ve 25 °C) deneysel olarak ölçülen yaklaşık iyonlaşma sabiti $K_{su} = 1 \times 10^{-14}$'tür. Saf sudaki H^+ ve OH^- iyonlarının derişimi birbirine eşittir.

25 °C'ta sudaki H^+ ve OH^- iyonlarının derişimi suyun iyonlaşma sabitinden yararlanılarak bulunur.

$$H_2O(s) \rightleftharpoons \underset{x}{H^+(suda)} + \underset{x}{OH^-(suda)}$$

$K_{su} = [H^+][OH^-]$ ifadesinde $[H^+] = [OH^-] = x$ molar denilirse

$$1{,}0.10^{-14} = x^2$$

$x = 1{,}0 \times 10^{-7}$ M olur.

25 °C'ta saf sudaki H^+ ve OH^- iyonlarının derişimi

$[H^+] = [OH^-] = 1{,}0 \times 10^{-7}$ M'dır.

25 °C sıcaklıkta saf sudaki H^+ ve OH^- iyonlarının derişimlerinin 10^{-7} M ve çarpımlarının, sıcaklık değişmediği sürece, 10^{-14}e eşit olması iyonlardan birinin derişimini artıran etkinin diğer iyonun derişimini azaltacağı anlamına gelir. Bir çözeltideki H^+ (H_3O^+) iyonlarının derişimi çözeltinin asitliği, OH^- iyonlarının derişimi çözeltinin bazlığıdır. Su, bir proton alarak hidronyum (H_3O^+) veya bir proton vererek hidroksit (OH^-) iyonları oluşturabildiğine göre hem asit hem de baz olarak davranabilen amfoter bir maddedir.

? BİLİYOR MUSUNUZ?

Suyun iyonlaşma tepkimesi endotermik bir denge tepkimesidir ve sıcaklığın artması dengeyi ürünler yönüne kaydırır. Sıcaklık arttıkça H^+ ve OH^- iyonlarının derişimi ve K_{su} değeri de artar. Suyun denge sabiti 0 °C'ta yaklaşık $K_{su} = 0{,}113 \times 10^{-14}$, 50 °C'ta $K_{su} = 5{,}473 \times 10^{-14}$'tür.

pH VE pOH KAVRAMLARI

Sulu çözeltide bulunan $[H^+]$ ve $[OH^-]$ değeri genellikle çok küçük bir sayıdır. H^+ iyonu ve OH^- iyonu derişimi birbiriyle ters orantılı değişir.

Tablo 6.3.2'den de anlaşılacağı gibi bir çözeltide H^+ iyonu derişimi artarken OH^- iyonu derişimi azalır, OH^- iyonu derişimi artarken H^+ iyonu derişimi azalır. Ayrıca küçük sayısal değerlerle işlem zorluğunu ortadan kaldırmak için kimyager Soren Sorensen (Saren Sarensen) üslü sayılar yerine $[H^+]$ ve $[OH^-]$ iyonu derişiminin negatif logaritmasının kullanılmasını önermiştir. $[H^+]$'nin negatif logaritmasına pH ve $[OH^-]$'in negatif logaritmasına pOH denilmiştir. Matematiksel olarak "p", "negatif logaritma" anlamına gelir.

25 °C'ta saf suda

$[H^+] = [OH^-] = 1,0x10^{-7}$ M olduğuna göre saf suyun pH ve pOH değerleri aşağıdaki şekilde hesaplanır.

Tablo 6.3.2: H^+, OH^- Derişimlerinin Değişimi

$[H^+]$ (M)		$[OH^-]$ (M)	
$1x10^{-0}$	1	$1x10^{-14}$	0,00000000000001
$1x10^{-1}$	0,1	$1x10^{-13}$	0,0000000000001
$1x10^{-2}$	0,01	$1x10^{-12}$	0,000000000001
$1x10^{-3}$	0,001	$1x10^{-11}$	0,00000000001
$1x10^{-4}$	0,0001	$1x10^{-10}$	0,0000000001
$1x10^{-5}$	0,00001	$1x10^{-9}$	0,000000001
$1x10^{-6}$	0,000001	$1x10^{-8}$	0,00000001
$1x10^{-7}$	0,0000001	$1x10^{-7}$	0,0000001
$1x10^{-8}$	0,000000001	$1x10^{-6}$	0,000001
$1x10^{-9}$	0,0000000001	$1x10^{-5}$	0,00001
$1x10^{-10}$	0,00000000001	$1x10^{-4}$	0,0001
$1x10^{-11}$	0,000000000001	$1x10^{-3}$	0,001
$1x10^{-12}$	0,000000000001	$1x10^{-2}$	0,01
$1x10^{-13}$	0,0000000000001	$1x10^{-1}$	0,1
$1x10^{-14}$	0,00000000000001	$1x10^{-0}$	1

$pH = -\log [H^+]$ $\quad pH = -\log 1,0x10^{-7}$ $\quad pH = 7$

$pOH = -\log [OH^-]$ $\quad pOH = -\log 1,0x10^{-7}$ $\quad pOH = 7$

Aynı şekilde saf suyun iyonlaşma dengesi ifadesinin eksi logaritması da alınabilir.

$pK_{su} = -\log K_{su}$ $\quad pK_{su} = -\log 1x10^{-14}$ $\quad pK_{su} = 14$

Bu durumda

pK_{su} = pH + pOH elde edilir ve

pH + pOH = 14'tür.

25 °C'ta bütün sulu çözeltilerde $K_{su} = [H^+][OH^-] = 1x10^{-14}$ olduğuna göre bu sıcaklıkta

Nötral çözelti için pH = 7 pOH = 7 pH = pOH olur.

Asidik çözelti için pH < 7 pOH > 7 pH < pOH olur.

Bazik çözelti için pH > 7 pOH < 7 pH > pOH olur.

BİLİYOR MUSUNUZ?

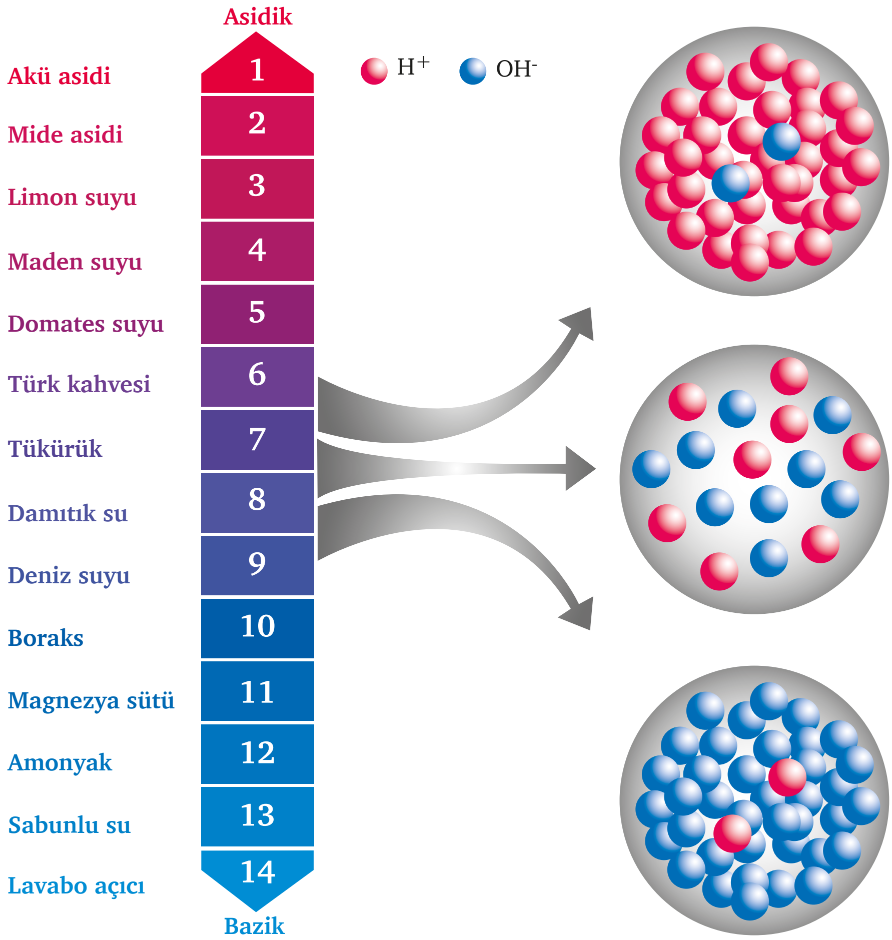
log 0= 1

$\log 10^a = a$

loga·b=loga+logb

pH ve pOH bir çözeltinin asidik, bazik, nötral olarak tanımlanmasını sağlar. Tablo 6.3.3'te farklı maddelerin pH değerleri verilmiştir.

Tablo 6.3.3: H^+, OH^- Derişimlerinin Değişimi



ÖRNEK VE ÇÖZÜM

Örnek

1. 80 °C'ta saf suyun iyonlaşma sabiti K_{su} = $9{,}0x10^{-14}$ olduğuna göre bu sıcaklıktaki suyun H^+ ve OH^- iyonları derişimini bulunuz.

Çözüm

1. $H_2O(s) \rightleftharpoons H^+(suda) + OH^-(suda)$ olduğuna göre

$K_{su} = [H^+][OH^-]$'dir. $[H^+] = [OH^-] = x$

$9{,}0x10^{-14} = x \cdot x$

$9{,}0x10^{-14} = x^2$

$x = 3{,}0x10^{-7}$ M

80 ^oC'ta $[H^+] = [OH^-] = 3{,}0x10^{-7}$ Molardır.

Örnek

2. Arap sabunu imalatında kullanılan 0,05 M KOH çözeltisinin pOH değerini bulunuz. (log 5 = 0,7)

Çözüm

2. $KOH(k) \longrightarrow K^+(suda) + OH^-(suda)$

0,05 M   0,05 M

pOH = -log $[OH^-]$

pOH = -[log $(5x10^{-2})$]

pOH = -(0,7-2)

pOH = -(-1,3)

pOH = 1,3'tür.

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. 400 mL hacmindeki HCl çözeltisinin pH değeri 2 olduğuna göre çözeltide kaç mol HCl çözündüğünü bulunuz.

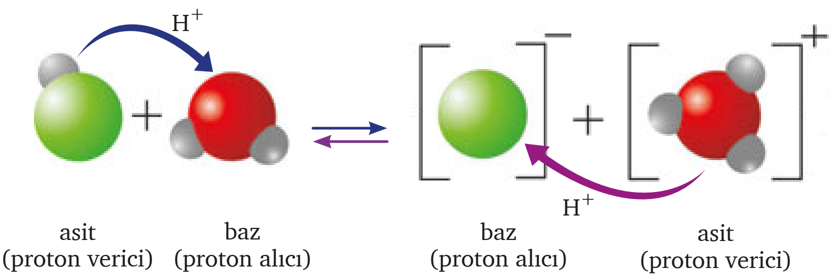
2. pH değeri 6 olan sabunlu sudaki OH^- iyonu derişimini bulunuz.

NELER KAZANILACAK? Brönsted-Lowry asitleri/bazları karşılaştırılacaktır.

6.3.2. BRÖNSTED-LOWRY ASİT/BAZLARI

Arrhenius tanımı sadece sulu çözeltilerde uygulandığı ve bazı maddelerin asit ve bazlığını açıklamada yetersiz kaldığı için daha kapsamlı bir tanıma ihtiyaç duyulmuştur.

Birbirinden bağımsız olarak çalışan Danimarkalı J. Brönsted (J. Brönşted) ve İngiliz T. Lowry (T. Lavri) tarafından yapılan daha geniş kapsamlı asit ve baz tanımı 1923 yılında kabul görmüştür. Bu tanıma göre proton (H^+) veren maddeler asit, proton (H^+) alan maddeler bazdır ve asit-baz tepkimelerinde proton, asitten baza aktarılır. Örneğin $HI(g) + H_2O(s) \rightleftharpoons H_3O^+(suda) + I^-(suda)$ tepkimesinde HI, H_2O'ya proton verdiği için asit, H_2O ise proton aldığı için bazdır (Görsel 6.3.3).



$$HI(g) + H_2O(s) \rightleftharpoons I^-(suda) + H_3O^+(suda)$$

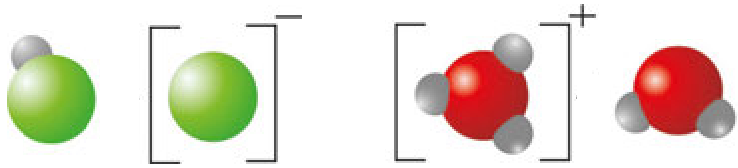
Görsel 6.3.3: HI'ün suda çözünme tepkimesi

İleri yöndeki tepkimede HI proton verdiği için asit, H_2O ise proton aldığı için bazdır. Geri yöndeki tepkimede ise H_3O^+ proton verdiği için asit, I^- proton aldığı için bazdır. Tepkime sonucunda asit proton verdiğinde baza dönüşürken baz da proton aldığında aside dönüşür. Brönsted-Lowry tanımına göre aralarında bir proton farkı olan asit-baz çiftine (HI-I^- ve H_3O^+-H_2O gibi) **eşlenik (konjuge) asit-baz çifti** denir.

HATIRLAYINIZ

Asit ve bazların ilk bilimsel tanımlamasını Arrhenius (Arhenus) yapmıştır. Bu tanıma göre su ortamında hidronyum [H_3O^+ (veya H^+)] iyonu veren maddeler asit, su ortamında hidroksit (OH^-) iyonu veren maddeler ise bazdır. Arrhenius tanımı yapısında hidrojen içeren HCl, HNO_3, H_2CO_3, H_2SO_4, H_3PO_4 gibi bileşiklerin asitliğini ve yapısında hidroksit bulunan NaOH, KOH, $Mg(OH)_2$, $Al(OH)_3$ gibi bileşiklerin bazlığını açıklayabilmiştir. Ancak yapısında H^+ bulunmayan SO_2, CO_2, N_2O_5 gibi bileşiklerin asitliğini ve yapısında OH^- bulunmayan CaO, MgO, NH_3 gibi bileşiklerin bazlığını açıklamada yetersiz kalmıştır.

Tepkimede HI-I^- ve H_3O^+-H_2O konjuge asit baz çiftidir (Görsel 6.3.4).



HI-I^- konjuge asit-baz çifti — H_3O^+-H_2O konjuge asit-baz çifti

Görsel 6.3.4: Konjuge asit baz çifti

Brönsted-Lowry, asit-baz tepkimesinde eşlenik asit-baz çifti aşağıdaki gibi aynı numara verilerek gösterilebilir.

$HI(g) + H_2O(s) \rightleftharpoons H_3O^+(suda) + I^-(suda)$

Asit 1 Baz 2 Asit 2 Baz 1

Asit 1 ile baz 1 ve asit 2 ile baz 2 eşlenik asit-baz çiftidir.

ÖRNEK VE ÇÖZÜM

Örnek

1. Brönsted-Lowry tanımına göre aşağıdaki tepkimelerde bulunan konjuge asit-baz çiftlerini belirleyiniz.

a) $NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$

b) $H_3PO_4 + CO_3^{2-} \rightleftharpoons H_2PO_4^- + HCO_3^-$

Çözüm

a) $NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$ tepkimesinde

H_2O, NH_3'a proton verdiği için asit, NH_3 ise proton aldığı için bazdır. Geri yöndeki tepkimede ise NH_4^+ proton verdiği için asit, OH^- proton aldığı için bazdır.

$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$

Baz Asit Asit Baz

Tepkimede NH_3'ın eşlenik asidi NH_4^+, NH_4^+un eşlenik bazı ise NH_3'tır. Aynı şekilde H_2O ve OH^- de birbirinin eşlenik asit-bazı olduğu için aynı numara ile gösterilebilir.

$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$

Baz 1 Asit 2 Asit 1 Baz 2

b) $H_3PO_4 + CO_3^{2-} \rightleftharpoons H_2PO_4^- + HCO_3^-$

Tepkimede H_3PO_4 proton verdiği için asit, proton vererek dönüştüğü $H_2PO_4^-$ ise konjuge bazıdır. Geri tepkimede HCO_3^- proton verdiği için asit, CO_3^{2-} proton aldığı için bazdır.

$H_3PO_4 + CO_3^{2-} \rightleftharpoons H_2PO_4^- + HCO_3^-$

Asit 1 Baz 2 Baz 1 Asit 2

H_3PO_4 ile $H_2PO_4^-$ ve CO_3^{2-} ile HCO_3^- konjuge asit-baz çiftidir.

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

Brönsted-Lowry tanımına göre aşağıdaki tepkimelerde bulunan konjuge asit-baz çiftlerini belirleyiniz.

a) $HF + CN^- \rightleftharpoons F^- + HCN$

b) $HCO_3^- + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3 + OH^-$

c) $HSO_4^- + H_3O^+ \rightleftharpoons H_2SO_4 + H_2O$

NELER KAZANILACAK? Katyonların asitliği ve anyonların bazlığı su ile etkileşimleri temelinde açıklanırken

a) Kuvvetli/zayıf asitler ve bazlar tanıtılarak konjuge asit-baz çiftlerine örnekler verilecek,

b) Asit gibi davranan katyonların ve baz gibi davranan anyonların su ile etkileşimleri üzerinde durulacaktır.

6.3.3. ASİT VE BAZLARIN KUVVETİ

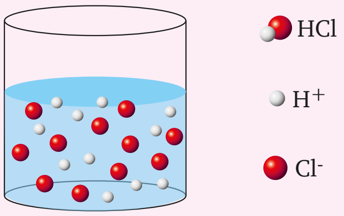
Asit ve bazların kuvveti suda iyonlaşma derecesine bağlıdır. Suda çözündüğünde %100 iyonlaştığı varsayılan asit-baza **kuvvetli asit-baz** denir. Kuvvetli asit-bazın suda tamamen iyonlaştığı varsayıldığı için çözünme tepkimeleri tek yönlü okla gösterilir.

Bir asidin kuvvetini H^+ (H_3O^+) iyonu derişimi belirler. HCl, HNO_3, H_2SO_4 ve $HClO_4$ da kuvvetli asitlere örnektir.

$$HCl(s) + H_2O(s) \longrightarrow H_3O^+(aq) + Cl^-(aq)$$

Kuvvetli asit çözeltilerinde denge anında iyonlaşmamış asit molekülü bulunmaz (Görsel 6.3.5). Kuvvetli asitler su ile tamamen tepkimeye girerek H_3O^+ iyonu ve eşlenik bazlarını oluşturur. Kuvvetli asitlerin eşlenik bazları ölçülebilir bir kuvvete sahip değildir ve su ile tepkime vermez. Örneğin Cl^- iyonu çok zayıf bir bazdır.

Asitler moleküler yapıda oldukları için şeklinde modellenebilir.



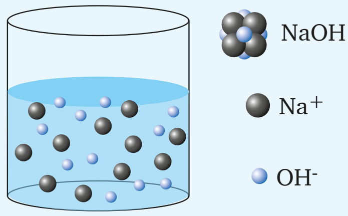
Görsel 6.3.5: Kuvvetli asitlerin suda iyonlaşması

Bir bazın kuvvetini OH^- iyonu derişimi belirler. Alkali metal hidroksitlerinin tamamı (LiOH, NaOH, KOH gibi) ve toprak alkali metallerinden $Ba(OH)_2$ suda tamamen iyonlaştığı için kuvvetli bazdır (Görsel 6.3.6).

$$NaOH(k) \longrightarrow Na^+(suda) + OH^-(suda)$$

Metal hidroksitleri proton alıcısı olmadıkları için Brönsted-Lowry bazı değildir. Fakat suda iyonlaştıklarında oluşan hidroksit iyonu proton alıcısı olduğu için bazdır.

Bazlar genellikle iyonik yapıda oldukları için şeklinde modellenebilir.



Görsel 6.3.6: Kuvvetli bazların suda iyonlaşması

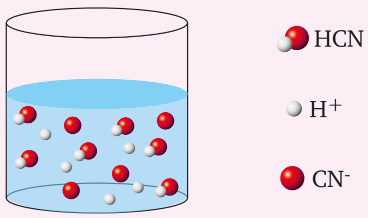
Suda kısmen iyonlaştığı varsayılan asit ve baza **zayıf asit-baz** denir. Zayıf asitlerin ve bazların kısmen iyonlaşması iyonlaşma denge sabiti ile ilgilidir. Suda kısmen iyonlaştıkları için çözünme tepkimeleri çift yönlü okla gösterilebilir.

Zayıf asitlerin sulu çözeltilerinde denge anında ortamda hidronyum iyonları (H_3O^+), iyonlaşmamış asit molekülleri ve asidin eşlenik bazları bulunur (Görsel 6.3.7).

CH_3COOH, HF, H_2CO_3 gibi asitler zayıf asitlere örnektir.

$$HCN(s) + H_2O(s) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + CN^-(aq)$$

Zayıf asitlerin eşlenik bazları olan anyonlar ölçülebilir bir bazik kuvvvete sahiptir ve su ile etkileşir. Asit ne kadar zayıfsa asidin eşlenik bazı da o kadar kuvvetlidir.



Görsel 6.3.7: Zayıf asitlerin suda iyonlaşması

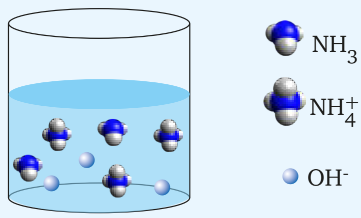
Zayıf bazların sulu çözeltilerinde denge anında ortamda hidroksit iyonları (OH^-), iyonlaşmamış baz molekülleri ve bazın eşlenik asidi bulunur (Görsel 6.3.8).

NH_3 sudan proton alarak eşlenik asidi olan NH_4^+ iyonunu ve proton alıcısı olan OH^- iyonunu oluşturur.

$$NH_3(g) + H_2O(s) \rightleftharpoons NH_4^+(aq) + OH^-(aq)$$

Zayıf bazların eşlenik asitleri olan katyonlar ölçülebilir bir asidik kuvvvete sahiptir ve su ile etkileşir. Baz ne kadar zayıfsa bazın eşlenik asidi o kadar kuvvetlidir.

NH_3 moleküler yapıda olduğu için şeklinde modellenebilir.



Görsel 6.3.8: Zayıf bazların suda iyonlaşması

Zayıf bazların eşleniği olan katyonlar asidik, zayıf asitlerin eşleniği olan anyonlar bazik özelliğe sahiptir. Bu durumda bazı katyonların su ile etkileşerek asit, bazı anyonların da su ile etkileşerek baz gibi davrandığı söylenebilir.

ASİT GİBİ DAVRANAN KATYONLAR

Zayıf bazların eşlenik asitleri ile çapları küçük, yükleri büyük olan Fe^{3+}, Cr^{3+}, Cu^{2+} gibi katyonlar asidik özellik gösterir (Tablo 6.3.4). NH_3 gibi zayıf bazların eşlenik asitleri su ile tepkimeye girdiklerinde proton verici olarak davranır.

$$NH_4^+(aq) + H_2O(s) \rightleftharpoons NH_3(aq) + H_3O^+(aq)$$

Çapları küçük, yükleri büyük olan katyonlar suda çözündüklerinde su ile metal katyonu etkileşerek hidroksitlerini ve H_3O^+ iyonunu oluşturur. Bu nedenle çözeltileri asidik özellik gösterir.

$$Cu^{2+}(aq) + 4H_2O(s) \rightleftharpoons Cu(OH)_2(aq) + 2H_3O^+(aq)$$

Tablo 6.3.4: Asit Gibi Davranan Katyonlar

	Katyon
Zayıf bazların eşlenik asidi	NH_4^+
Çapı küçük yükü büyük katyonlar	Fe^{3+}, Cr^{3+}, Cu^{2+}, Al^{3+}

BAZ GİBİ DAVRANAN ANYONLAR

Zayıf asitlerin eşlenik bazları olan bütün anyonlar su ile tepkimelerinde proton alıcısı olarak davrandıkları için bazik özellik gösterir (Tablo 6.3.5). Örneğin HCN'ün su ile tepkimesinden oluşan CN^- iyonu su ile tepkimeye girdiğinde eşlenik asidini oluştururken OH^- iyonu oluşmasına neden olur.

$$CN^-(aq) + H_2O(s) \rightleftharpoons HCN(aq) + OH^-(aq)$$

Tablo 6.3.5: Baz Gibi Davranan Anyonlar

	Anyon
Zayıf asitlerin eşlenik bazı	CN^-, F^-, NO_2^-, CH_3COO^-, CO_3^{2-}, PO_4^{3-}

ÖRNEK VE ÇÖZÜM

Örnek

1. Aşağıda bazı anyon ve katyonlar verilmiştir. Verilen anyon ve katyonların su ile tepkimelerini yazarak asit mi, baz mı olduklarını açıklayınız.

a) F^-

b) PO_4^{3-}

c) Fe^{3+}

Çözüm

1. a) $F^-(aq) + H_2O(s) \rightleftharpoons HF(aq) + OH^-(aq)$ tepkimesinde ileri tepkimede F^- iyonu proton aldığı için bazdır.

b) $PO_4^{3-}(aq) + 3H_2O(s) \rightleftharpoons H_3PO_4(aq) + 3OH^-(aq)$ tepkimesinde ileri tepkimede PO_4^{3-} iyonu proton aldığı için bazdır.

c) $Fe^{3+}(aq) + 3H_2O(s) \rightleftharpoons Fe(OH)_3(aq) + H_3O^+(aq)$ tepkimesinde ileri tepkimede Fe^{3+} iyonu H_3O^+ iyonu oluşmasına neden olduğu için asittir.

NELER KAZANILACAK? **Asitlik/bazlık gücü ile ayrışma denge sabitleri arasında ilişki kurulurken**

Asit/bazların iyonlaşma oranları denge sabitleriyle ilişkilendirilecektir.

6.3.4. ASİT VE BAZLARIN AYRIŞMA DENGESİ

Kuvvetli asit ve bazların suda %100'ü iyonlaştığı varsayıldığı için denge bağıntıları yazılmaz. Ancak zayıf asit ve bazlar suda kısmen iyonlaştıkları için denge tepkimesi oluşturduğundan iyonlaşma denge bağıntıları yazılır.

Genel olarak tek protonlu zayıf bir asit HA ile gösterilir.

$$HA(aq) + H_2O(s) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + A^-(aq)$$

Suda çözünen H_3O^+ve A^- iyonları ile çözünmeyen HA asidi arasında denge kurulur. Bu tepkimeye ait iyonlaşma denge ifadesi aşağıdaki şekilde yazılır. Asidin iyonlaşma denge sabitine **asitlik sabiti** denir ve $\mathbf{K_a}$ ile gösterilir.

$$K_a = \frac{[H_3O^+][A^-]}{[HA]}$$

Zayıf asidin iyonlaşma denge bağıntısından da anlaşılacağı gibi bir asit suda ne kadar çok iyonlaşıyorsa asitlik sabiti o kadar büyük olur. Kısacası asitlik sabiti arttıkça asidin kuvveti artar.

Hidrosiyanik asidin (HCN) 25 °C'ta asitlik sabiti $4{,}9x10^{-10}$dur. Bu değerden yararlanılarak 0,1 M hidrosiyanik asidin iyonlaşma yüzdesi hesaplanabilir.

$$HCN(aq) + H_2O(s) \rightleftharpoons H_3O+(aq) + CN^-(aq)$$

	HCN(aq)	H_3O^+(aq)	CN^-(aq)
Başlangıç:	0,1	-	-
Değişim:	-x	+x	+x
Denge:	0,1-x	x	x

Denge anındaki HCN, H_3O^+ve CN^- derişimleri iyonlaşma denge ifadesinde yerlerine yazılır.

$$K_a = \frac{[H_3O^+][CN^-]}{[HCN]} \qquad 4{,}9x10^{-10} = \frac{x \cdot x}{0{,}1 - x}$$

HCN zayıf bir asit olduğu için çok az iyonlaşır. Bu nedenle x; 0,1 sayısının yanında ihmal edilebilir bir değerdir ve $0{,}1\text{-}x \approx 0{,}1$ alınır.

$$4{,}9x10^{-10} = \frac{x^2}{0{,}1} \qquad 49x10^{-12} = x^2$$

$x = 7x10^{-6}$ M iyonlaşır.

0,1 M HCN'in $7x10^{-6}$ M iyonlaşırsa

100 Molarda x

$x = 7x10^{-3}$ M iyonlaşır.

Benzer şekilde zayıf bazların iyonlaşma denge bağıntısı da yazılabilir.

Genel olarak zayıf bir baz MOH şeklinde gösterilir.

$$MOH(aq) \rightleftharpoons M^{+}(aq) + OH^{-}(aq)$$

M^{+}ve OH^{-} iyonları ile MOH bazı arasında denge kurulur. Bu tepkimeye ait iyonlaşma denge ifadesi aşağıdaki şekilde yazılır. Bazın iyonlaşma denge sabitine **bazlık sabiti** denir ve $\mathbf{K_b}$ ile gösterilir.

$$K_b = \frac{[M^{+}][OH^{-}]}{[MOH]}$$

Zayıf asitlerde olduğu gibi zayıf bazlarda da bir baz suda ne kadar çok çözünüyorsa bazlık sabiti o kadar büyük olur. Bazlık sabiti arttıkça bazın kuvveti de artar.

ÖRNEK VE ÇÖZÜM

Örnek

1. NH_3'ın 25 ^{o}C'ta bazlık sabiti $1{,}8x10^{-5}$tir. Buna göre 0,02 M NH_3 çözeltisinin iyonlaşma yüzdesini bulunuz.

Çözüm

1.

	$NH_3(g) + H_2O(s)$	$\rightleftharpoons NH_4^{+}(aq)$	$+ OH^{-}(aq)$
Başlangıç:	0,02	-	-
Değişim:	-x	+x	+x
Denge:	0,02-x	x	x

Denge anındaki NH_3, NH_4^{+} ve OH^{-} derişimleri iyonlaşma denge ifadesinde yerlerine yazılır.

$$K_b = \frac{[NH_4^{+}][OH^{-}]}{[NH_3]} \qquad 1{,}8x10^{-5} = \frac{x \cdot x}{0{,}02 - x}$$

NH_3 zayıf bir baz olduğu için suda çok az iyonlaşır. Bu nedenle x, 0,02 sayısının yanında ihmal edilebilir bir değerdir ve 0,02-x $\approx$ 0,02 alınır.

$$1{,}8x10^{-5} = \frac{x^2}{0{,}02} \qquad 0{,}36x10^{-6} = x^2$$

$x = 6x10^{-4}$ M iyonlaşır.

0,02 M NH_3 $6x10^{-4}$ M iyonlaştığına göre

100 M   x iyonlaşır

x= 3 M iyonlaşır.

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. Nitröz asidin (HNO_2) 25 ^{o}C'ta asitlik sabiti $4{,}5x10^{-4}$ olduğuna göre 2 M HNO_2 asidinin iyonlaşma yüzdesini hesaplayınız.

NELER KAZANILACAK? Kuvvetli ve zayıf monoprotik asit/baz çözeltilerinin pH değerlerini hesaplarken

a) Çok derişik ve çok seyreltik asit/baz çözeltilerinin pH değerlerine girilmeyecektir.
b) Zayıf asitler/bazlar için $[H^+] = (K_aC_a)^{1/2}$ ve $[OH^-] = (K_bC_b)^{1/2}$ eşitlikleri esas alınacaktır.
c) Poliprotik asitlere girilmeyecektir.

6.3.5. KUVVETLİ VE ZAYIF ASİT BAZLARIN pH DEĞERİ

Günlük hayatımızda kullandığımız birçok madde zayıf asit ya da baz özelliği gösterir. Vücudumuzda gerçekleşen birçok tepkime de zayıf asidik veya zayıf bazik ortamda gerçekleşir. Bu nedenle zayıf asit ve bazların pH hesaplamaları önemli bir konudur.

Kuvvetli asit ve bazların suda tamamen iyonlaştıkları varsayıldığı için asit ve bazın derişiminden yararlanılarak pH kolaylıkla hesaplanır.

Kuvvetli monoprotik asitler (1 değerli) için H^+ iyonu derişimi $[H^+]= C_a$ ile kuvvetli monoprotik bazlarda (1 değerli) OH^- iyonu derişimi $[OH^-] = C_b$ ile gösterilir. C_a asidin derişimini, C_b bazın derişimini ifade eder.

Zayıf asitler ve zayıf bazlar suda kısmen iyonlaştıklarından çözeltilerinin pH değerlerini hesaplamak için iyonlaşma denge bağıntısından ve denge sabitinden yararlanılır.

$$HA(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + A^-(aq)$$

	HA(aq)	$H^+(aq)$	$A^-(aq)$
Başlangıç (M):	C_a	-	-
Değişme (M):	-x	+x	+x
Dengede (M):	C_a - x	x	x

$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]} = \frac{x.x}{C_a - \underbrace{x}_{\text{ihmal edilir}}} \qquad K_aC_a = x^2$$

$[H^+]$ = x olduğundan $[H^+]^2 = K_aC_a$ $\qquad [H^+] = (K_aC_a)^{1/2}$ olur.

Aynı işlemler zayıf bir baz için yapıldığında $[OH^-] = (K_bC_b)^{1/2}$ bulunur.

ÖRNEK VE ÇÖZÜM

Örnek

1. 0,01 M HCl çözeltisinin pH değerini bulunuz.

Çözüm

1. HCl suda tamamen iyonlaşır ve 1 değerli asittir.

$$HCl(aq) \longrightarrow H^+(aq) + Cl^-(aq)$$
0,01 M $\qquad$ 0,01 M $\qquad$ 0,01 M

H^+ iyonu derişimi $[H^+] = C_a = 0{,}01$ olduğuna göre
pH=-log$[H^+]$= -log 0,01 = 2 olur.

Örnek

2. 0,02 M KOH çözeltisinin pOH değerini bulunuz (log 2= 0,3).

Çözüm

2. KOH suda tamamen iyonlaşır ve 1 değerli bazdır.

$$KOH(aq) \longrightarrow K^+(aq) + OH^-(aq)$$
0,02 M $\qquad$ 0,02 M $\qquad$ 0,02 M

OH^- iyonu derişimi $[OH^-]=C_b = 0{,}02 = 2x\ 10^{-2}$
pOH=-log$[OH^-]$= -log 2 +(-log 10^{-2}) =1,7 olur.

ÖRNEK VE ÇÖZÜM

Örnek

1. 25 °C'ta asitlik sabiti $2x10^{-6}$ olan monoprotik bir asidin 0,5 M'lık sulu çözeltisinin pH değerini bulunuz.

Çözüm

1. Asitlik sabiti $2x10^{-6}$ olduğu için zayıf asittir. Suda kısmen iyonlaşacaktır. Bu nedenle

$[H^+] = (K_aC_a)^{1/2}$dir.

$[H^+] = (2x10^{-6}\ 0{,}5)^{1/2}$dir.

$[H^+] = (1x10^{-6})^{1/2} = 1x10^{-3}$ olur.

$pH = -\log 1x10^{-3} = 3$ olur.

NELER KAZANILACAK? **Tampon çözeltilerin özellikleri ile günlük kullanım alanları ilişkilendirilirken**

a) Tampon çözeltilerin pH değerlerinin seyrelme ve asit-baz ilavesi ile fazla değişmemesi ortamdaki dengeler üzerinden açıklanacak,

b) Tampon çözeltilerin canlı organizmalar açısından önemine değinilecektir.

6.3.6. TAMPON ÇÖZELTİLER

Az miktarda asit ya da baz eklendiğinde ortamın pH değerinin değişmesine direnç gösteren çözeltilere **tampon çözeltiler** denir. Tampon çözeltiler zayıf eşlenik asit-baz çözeltilerinden oluşur.

Birçok alanda kullanılan tampon çözeltilere asetik asit ve eşlenik bazı olan, asetat iyonu içeren çözelti örnek verilebilir. Bu çözelti asetik asit (CH_3COOH) ve sodyum asetatın (CH_3COONa) uygun miktarlarının suda çözünmesi ile elde edilir. Sodyum asetat bir tuzdur ve suda aşağıdaki şekilde iyonlaşarak asetat iyonu oluşturur.

$$CH_3COONa(k) \longrightarrow CH_3COO^-(aq) + Na^+(aq)$$

Asetik asit ve asetat iyonundan oluşan çözeltiye asit eklenirse çözeltideki eşlenik baz olan asetat iyonları ile asit iyonları tepkimeye girer.

$$CH_3COO^-(aq) + H^+(aq) \rightleftharpoons CH_3COOH(aq)$$

Tampon çözeltiye baz eklenirse OH^- iyonları asetik asit tarafından nötrleştirilir.

$$CH_3COOH(aq) + OH^-(aq) \rightleftharpoons CH_3COO^-(aq) + H_2O(s)$$

Tampon çözeltinin pH direnci tamponu oluşturan asit ve onun eşlenik bazının miktarına bağlıdır. Genel olarak tampon çözeltiler içerdikleri maddeler ile ifade edilir. Tuz/asit veya eşlenik baz/asit gibi. Asetik asit (CH_3COOH) ve sodyum asetattan (CH_3COONa) oluşan tampon çözelti CH_3COONa/CH_3COOH şeklinde veya CH_3COO^-/CH_3COOH şeklinde gösterilir. Tampon çözeltiler zayıf eşlenik asit-baz çözeltilerinden oluştuğu için çözelti ortamı asidik veya bazik olabilir. CH_3COO^-/CH_3COOH asidik tampona, NH_4Cl/NH_3 bazik tampona örnek verilebilir.

CH_3COO^-/CH_3COOH tampon çözeltisi asitlik düzenleyici olarak birçok konserve ürününde kullanılır. Kimyasal ve biyolojik birçok olayda tampon çözeltiler önemli yer tutar. Göllerdeki asit-baz dengesi tampon çözeltiler yardımıyla dengelenir.

Canlı organizmalardaki birçok biyolojik süreçte de ortamın pH değeri hayati öneme sahiptir. Çeşitli tampon sistemleri tarafından kanın pH'ı yaklaşık 7,4 ve mide öz suyunun pH'ı yaklaşık 1,5 civarında sabit tutulur. Bu tamponların en önemlisi HCO_3^-/H_2CO_3 tampon sistemidir.

NELER KAZANILACAK? **Tuz çözeltilerinin asitlik/bazlık özellikleri açıklanırken**

a) Asidik, bazik ve nötr tuz kavramları açıklanacak,
b) Anyonu zayıf baz olan tuzlara örnekler verilecek,
c) Katyonu NH_4^+ veya anyonu HSO_4^- olan tuzların asitliği üzerinde durulacaktır.
ç) Hidroliz hesaplamalarına girmeyecektir.

6.3.7. TUZLARIN ASİT-BAZ ÖZELLİĞİ

Asit ve bazların tepkimesinden oluşan iyonik bileşiklere **tuz** denir. Tuzlar çeşitli şekillerde (kuvvetli asit ve kuvvetli bazdan, zayıf asit ve kuvvetli bazdan, kuvvetli asit ve zayıf bazdan veya zayıf asit ve zayıf bazdan) oluşabilir. Tuzlar suda çözündüklerinde iyonlarına ayrışır. Oluşan iyonlar su ile tepkimeye girebilir. Bir iyonun su ile tepkimeye girerek zayıf asit veya baz oluşturmasına **hidroliz** denir. Tuzlar suda çözündüklerinde asidik, bazik ve nötr çözelti oluşturabilir.

NÖTR TUZ

Suda çözündüğünde nötral çözelti oluşturan tuzlara **nötr tuz** denir. Nötr tuzlar kuvvetli bir asitle kuvvetli bir bazın tepkimesi sonucunda oluşur. Nötr tuzları oluşturan anyon ve katyonlar önemli ölçüde hidroliz olmaz.

$$NaCl(k) \longrightarrow Na^+(aq) + Cl^-(aq)$$

NaCl bileşiğinde Na^+ iyonu kuvvetli bazdan (NaOH), Cl^- iyonu kuvvetli bir asitten (HCl) oluşur. Bu nedenle suda hidroliz olmaz.

ASİDİK TUZ

Kuvvetli bir asit ve zayıf bir bazdan oluşan tuzlar asidik özellik gösterir. Örneğin NH_4NO_3 asidik bir tuzdur. Kuvvetli bir asit olan HNO_3 ve zayıf bir baz olan NH_3'tan NH_4NO_3 bileşiği oluşur.

$$HNO_3(aq) + NH_3(aq) \longrightarrow NH_4NO_3(aq)$$

Kuvvetli asit   Zayıf baz   Asidik tuz

Oluşan NH_4NO_3 bileşiği suda aşağıdaki tepkimedeki olduğu gibi iyonlarına ayrılır.

$$NH_4NO_3(aq) \longrightarrow NH_4^+(aq) + NO_3^-(aq)$$

Asidik tuz   Katyon hidroliz olur.   Anyon hidroliz olmaz.

Oluşan iyonlardan zayıf bazdan gelen katyon hidroliz olurken kuvvetli asitten gelen anyon hidroliz olmaz.

$$NH_4^+(aq) + H_2O(s) \rightleftharpoons NH_3(aq) + H_3O^+(aq)$$

Zayıf bazdan gelen katyon

Zayıf bazdan gelen katyon suda eşlenik bazı olan NH_3'ı ve H_3O^+ iyonunu oluşturduğu için ortamı asidik yapar.

$NaHSO_4$ gibi tuzlar asidik özellik gösterir. Tuzun yapısında HSO_4^- gibi anyonlar bulunuyorsa bu tuzların yapısında bir veya daha çok proton bulunduğu için suda çözündüklerinde yapılarındaki protonu vererek ortamı asidik yapar.

BİLİYOR MUSUNUZ?

Zayıf bir asit ile zayıf bir baz arasında oluşan tuzu nötr, asidik veya bazik olarak sınıflandırabilmek için tuzu oluşturan asit ve bazın K_a ve K_b değerleri karşılaştırılır.

K_a (katyon) > K_b (anyon) ise tuz çözeltisi asidik,

K_a (katyon) = K_b (anyon) tuz çözeltisi nötr,

K_a (katyon) < K_b (anyon) ise tuz çözeltisi baziktir.

BAZİK TUZ

Kuvvetli bir baz ve zayıf bir asitten oluşan tuzlar bazik özellik gösterir. Kuvvetli bir baz olan NaOH ve zayıf bir asit olan HCN'ün tepkimesinden bazik bir tuz olan NaCN bileşiği oluşur.

$$NaOH(aq) + HCN(aq) \longrightarrow NaCN(aq)$$

Kuvvetli baz Zayıf asit Bazik tuz

Oluşan NaCN bileşiği aşağıdaki tepkimedeki gibi suda iyonlarına ayrılır.

$$NaCN(aq) \longrightarrow Na^{+}(aq) + CN^{-}(aq)$$

Bazik tuz — Katyon hidroliz olmaz. — Anyon hidroliz olur.

Oluşan iyonlardan kuvvetli bazdan gelen katyon hidroliz olmazken zayıf asittten gelen anyon hidroliz olur.

$$CN^{-}(aq) + H_2O(s) \rightleftharpoons HCN(aq) + OH^{-}(aq)$$

Zayıf asitten gelen anyon

Suda zayıf asitten gelen anyon eşlenik asidi olan HCN'ı ve OH^- iyonunu oluşturduğu için ortam bazik olur.

Sonuç olarak bir tuzu nötr, asidik veya bazik olarak sınıflandırabilmek için tuzu oluşturan asit ve bazın kuvvetine bakmak yeterlidir.

ÖRNEK VE ÇÖZÜM

Örnek

1. Aşağıda verilen tuzları nötr, asidik veya bazik olarak sınıflandırınız.

a) $FeCl_3$

b) K_2SO_4

c) NaF

Çözüm

a) $FeCl_3$ tuzunu nötr, asidik veya bazik olarak sınıflandırabilmek için tuzu oluşturan anyon veya katyonun suda hidroliz olup olmayacağının bilinmesi gerekir. $FeCl_3$ tuzu suda aşağıdaki şekilde iyonlarına ayrışır.

$$FeCl_3\,(aq) \rightleftharpoons Fe^{3+}(aq) + 3Cl^{-}(aq)$$

Oluşan Cl^- iyonu hidroliz olmaz. Fe^{3+} katyonunun ise çapı küçük, yükü büyük olduğu için suda hidroliz olacağı söylenebilir veya $Fe(OH)_3$ gibi zayıf bir bazdan geldiği için hidroliz olacağı tahmin edilebilir. Fe^{3+}in su ile hidrolizi aşağıdaki şekildedir.

$$Fe^{3+}(aq) + 3H_2O(s) \rightleftharpoons Fe(OH)_3(aq) + 3H^{+}(aq)$$

Fe^{3+}in katyonundan hidroliz sonucunda ortamda H^+ iyonu oluşacağı için $FeCl_3$ tuzu asidik tuzdur.

b) K_2SO_4 tuzu kuvvetli bir baz olan KOH ve kuvvetli bir asit olan H_2SO_4'ten oluşur. Bu nedenle nötr tuzdur.

c) NaF tuzu kuvvetli bir baz olan NaOH ve zayıf bir asit olan HF'den oluşur. Kuvvetli bazdan gelen Na^+ katyonu hidroliz olmazken zayıf asitten gelen F^- iyonu suda hidroliz olur, HF bileşiğine dönüşür ve ortamın bazik olmasını sağlar. Bu nedenle NaF bazik tuzdur.

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. Aşağıda verilen tuzları nötr, asidik veya bazik olarak sınıflandırınız.

a) $NaHSO_4$

b) $(NH_4)_2SO_4$

c) KNO_3

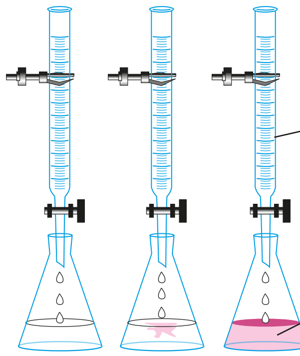
NELER KAZANILACAK? **Kuvvetli asit/baz derişimleri titrasyon yöntemiyle belirlenirken**

a) Titrasyon deneyi yapılarak sonuçları grafik üzerinden gösterilecek ve yorumlanacak,
b) Titrasyonla ilgili hesaplama örnekleri verilecek,
c) Titrasyon yöntemine yönelik hesaplamalar elektronik tablolama programı yardımıyla kurgulanacak ve değerler değiştirilerek gerçekleşen değişiklikler gözlemlenecek ve yorumlanmaları sağlanacaktır.

6.3.8. KUVVETLİ ASİT-BAZ TİTRASYONU

Hacmi bilinen ancak derişimi bilinmeyen bir asidin (veya bazın) hacmi ve derişimi bilinen bir baz (veya asit) yardımı ile asidin (veya bazın) derişiminin bulunmasında kullanılan yönteme **titrasyon** denir. Titrasyon yönteminde hacmi ve derişimi belli olan çözeltiye **standart çözelti** denir.

Titrasyon yönteminde standart çözelti bürete, derişimi belli olmayan çözelti erlenmayere konur. Erlenmayerdeki çözeltiye ortamın pH değişimini belirleyecek indikatör damlatılır. **İndikatör**, ortamın pH aralığına göre renk değiştiren organik veya inorganik maddelerdir. Genellikle metil oranj asit aralığında renk değiştirir (Görsel 6.3.9). Büretteki standart baz çözeltisi erlenmayerdeki asit çözeltisine ilave edildikçe çözeltideki asidik özellik azalır. Ortam nötr oluncaya kadar işleme devam edilir. Büretteki çözeltinin renk değiştirdiği noktaya **eşdeğerlik noktası** veya **dönüm noktası** denir. Eşdeğerlik noktasında yani nötralleşme tam olarak gerçekleştiğinde asitten gelen H^+ (H_3O^+) ile bazdan gelen OH^- iyonlarının mol sayıları eşittir. Mol sayıları eşitliğinden aşağıdaki bağıntı çıkarılabilir. Böylece derişimi ve hacmi belli olan çözeltiden yararlanarak hacmi belli, derişimi belli olmayan asit veya bazın derişimi hesaplanabilir.



Görsel 6.3.9: Kuvvetli asit-baz titrasyonunda çözeltinin renk değişimi

$n_{H^+} = n_{OH^-}$ $\quad M_A = \dfrac{n_A}{V_A}$ $\quad M_B = \dfrac{n_B}{V_B}$

$M_A V_A = M_B V_B$ $\quad n_A = M_A V_A$ $\quad n_B = M_B V_B$

Asit ve bazın değerliği farklı olduğunda

$M_A V_A D_A = M_B V_B D_B$ bağıntısı kullanılır.

M_A = Asidin molaritesi $\quad M_B$ = Bazın molaritesi

V_A = Asit çözeltisinin hacmi $\quad V_B$ = Baz çözeltisinin hacmi

D_A = Asidin değerliği $\quad D_B$ = Bazın değerliği

BİLİYOR MUSUNUZ?

Asidin suda oluşturduğu H^+ iyonu sayısına ve bazın suda oluşturduğu OH^- iyonu sayısına **değerlik** denir. HCl bileşiği 1, H_2SO_4 bileşiği 2 değerli asit; NaOH bileşiği 1, $Mg(OH)_2$ bileşiği 2 değerli bazdır.

ÖRNEK VE ÇÖZÜM

Örnek

1. 0,2 M 400 mL NaOH çözeltisinin tam nötralleşmesi için 200 mL HCl harcandığına göre HCl çözeltisinin derişimini bulunuz.

Çözüm

I. YOL

$M_A V_A D_A = M_B V_B D_B$

$M_A \cdot 0,2 \cdot 1 = 0,2 \cdot 0,4 \cdot 1$

$M_A = \dfrac{0,2 \cdot 0,4 \cdot 1}{0,2} = 0,4 \text{ M}$

II. YOL

Nötralleşme tepkimesi yazılarak çözüm yapılabilir.

$HCl + NaOH \longrightarrow NaCl + H_2O$

1 mol 1 mol

$n_{Baz} = MV = 0,2 \cdot 0,4 = 0,08$ mol NaOH

1 mol HCl 1 mol NaOH ile tepkimeye girerse
X 0,08 mol NaOH

X = 0,08 mol HCl

$M_{Asit} = \dfrac{n}{V} = \dfrac{0,08}{0,2} = 0,4 \text{ M}$ olur.

Nötralleşme tepkimesinde H^+ iyonlarının mol sayısı ile OH^- iyonlarının mol sayısı eşit değilse kısmi nötralleşme gerçekleşir. Ortamdaki $n_{H^+} > n_{OH^-}$ ise ortam asidik $n_{OH^-} > n_{H^+}$ ise ortam bazik özellikte olur. Hesaplamalarda $[H^+]$ veya $[OH^-]$ derişiminden ortamın pH'ı hesaplanabilir.

TİTRASYON HESAPLAMALARI

ÖRNEK VE ÇÖZÜM

Örnek

1. 0,04 M 400 mL HCl çözeltisi hazırlanıyor. Çözeltiye aşağıdaki işlemler ayrı ayrı uygulanıyor.

a) 0,02 M 400 mL NaOH çözeltisi eklendiğinde ortamın pH değeri kaç olur?

b) 0,02 M 800 mL NaOH çözeltisi eklendiğinde ortamın pH değerini bulunuz.

c) 0,02 M 1200 mL NaOH çözeltisi eklendiğinde ortamın pH değerini bulunuz.
(log 5 = 0,7)

Çözüm

1. a) $n_{Asit} = M_A V_A = 0{,}04 \cdot 0{,}4 = 0{,}016$ mol HCl

$n_{Baz} = M_B V_B = 0{,}02 \cdot 0{,}4 = 0{,}008$ mol NaOH

	H^+	+ OH^- ⟶ H_2O
Başlangıç:	0,016	0,008
Değişim:	-0,008	-0,008
Sonuç:	0,008	-

$n_{Asit} > n_{Baz}$

$n_{Asit} = 0{,}016 - 0{,}008 = 0{,}008$ mol $\quad V_T = 0{,}4 + 0{,}4 = 0{,}8$ L

$$M_{Asit} = \frac{n}{V_T} = \frac{0{,}008}{0{,}8} = 0{,}01\,M$$

H^+ iyonunun molaritesi 0,01 M olduğundan ortam asidiktir.

Ortamın pH'ı aşağıdaki işlemle bulunur.

$pH = -\log [H^+]$

$pH = -\log (0{,}01) = -\log (10^{-2})$

$pH = 2$

b) $n_B = M_B V_B = 0{,}02.0{,}8 = 0{,}016$ mol NaOH

	H^+	+ OH^- ⟶ H_2O
Başlangıç:	0,016	0,016
Değişim:	-0,016	-0,016
Sonuç:	-	-

Ortamda $n_{H^+} = n_{OH^-}$ olduğundan tam nötralleşme olmuştur.

pH = 7'dir.

c) $n_B = M_B V_B = 0{,}02.1{,}2 = 0{,}024$ mol NaOH

	H^+	+ OH^- ⟶ H_2O
Başlangıç:	0,016	0,024
Değişim:	-0,016	-0,016
Sonuç:	-	0,008

$n_{OH^-} > n_{H^+}$ olduğundan ortam baziktir. $V_T = 0{,}4 + 1{,}2 = 1{,}6$ L

$$M_{Baz} = \frac{n}{V_T} = \frac{0{,}008}{1{,}6} = 5x10^{-3}\,M$$

$pOH = -\log [OH^-]$

$pOH = -\log (5x10^{-3})$

$pOH = 3 - \log 5$

$pOH = 3 - 0{,}7$

$pOH = 2{,}3$

$pH + pOH = 14$

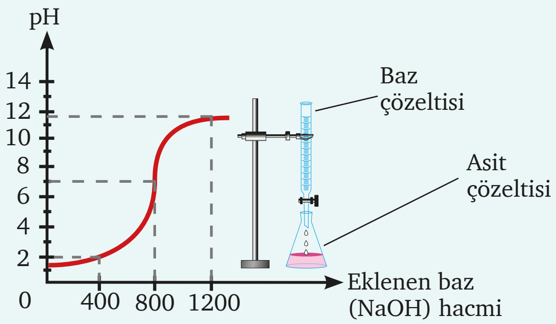
$pH = 14 - pOH$

$pH = 14 - 2{,}3$

$pH = 11{,}7$

ç) Belirtilen işlem basamakları için eklenen NaOH hacmi-pH grafiğini (titrasyon eğrisi) çiziniz.

ç)



2. 0,1 M 200 mL HCl çözeltisini tam olarak nötrleştirmek için 0,2 M $Ca(OH)_2$ çözeltisinden kaç mL gerekir?

1. $HCl \longrightarrow H^+ + Cl^-$

$Ca(OH)_2 \longrightarrow Ca^{2+} + 2OH^-$

$M_A V_A D_A = M_B V_B D_B$

$0,1 \cdot 200 \cdot 1 = 0,2 \cdot V_B \cdot 2$

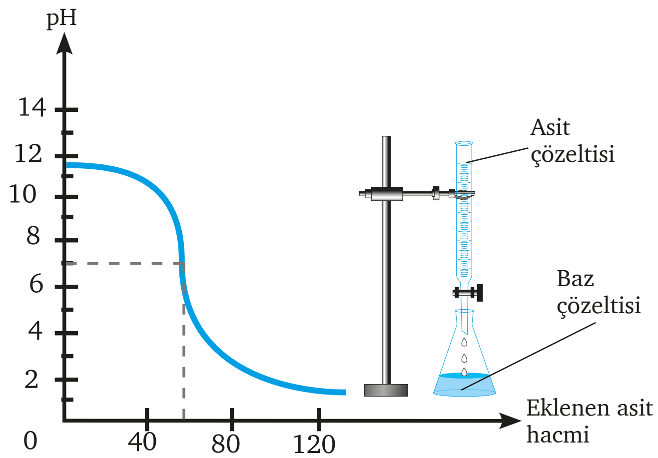
$\frac{20}{0,4} = V_B \cdot \frac{0,4}{0,4} \Longrightarrow V_B = 50$ mL baz gerekir.

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. 0,2 M 400 mL HNO_3 çözeltisini tamamen nötrleştirmek için 0,2 M NaOH çözeltisinden kaç L gerekir?

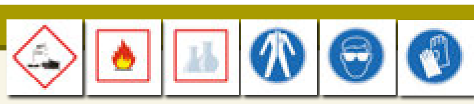
2. 50 mL 0,1 M $Ca(OH)_2$ çözeltisi ile 0,1 M 50 mL HCl çözeltisi karıştırıldığında ortamın asit-bazlığı nasıl olur?

Erlenmayerde bulunan kuvvetli baz çözeltisi büretten kuvvetli asit damlatılarak titre edildiğinde titrasyon eğrisi yandaki grafikte olduğu gibi gösterilir (Grafik 6.3.10). Erlenmayerdeki baz çözeltisinin zamanla pH'ı azalır. Eşdeğerlik (dönüm) noktasında pH 7 olur. Büretten asit ilave edildikçe asidik özellik artar.



Grafik 6.3.10: Kuvvetli asit-baz titrasyonu

6.3.1. ETKİNLİK KUVVETLİ ASİT-BAZ TİTRASYONU



Araç ve Gereç

- 15 mL HCl çözeltisi (derişimi belli olmayan)
- 0,1 M NaOH çözeltisi
- Fenolftalein (indikatör)
- Erlenmayer
- 50 mL'lik büret
- Beherglas
- Dereceli silindir
- Bağlama parçası
- Üçayak
- Saf su



ETKİNLİĞİN AMACI

Derişimi ve hacmi bilinen bazdan yararlanarak hacmi belli olan, derişimi belli olmayan asidin derişimini hesaplamak.

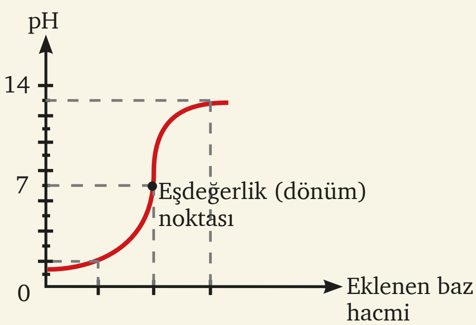
ETKİNLİK BASAMAKLARI

1. Büret önce saf su ile daha sonra standart çözeltiyle çalkalanarak bürette sızıntı olup olmadığı kontrol edilir. Sonra büretteki çözelti akıtılır.
2. Standart NaOH çözeltisi büretin sıfır çizgisine gelecek şekilde doldurulur.
3. 15 mL asit çözeltisi erlenmayere konarak 50 mL suyla seyreltilir. Üzerine birkaç damla fenolftalein damlatılır.
4. Sol elle büretin musluğu açılarak büretteki standart baz çözelti asit çözeltisine damla damla akıtılırken sağ elle erlenmayer hafifçe çalkalanır.
5. Pembe renk oluşuncaya kadar baz damlatılmaya devam edilir.
6. Pembe renk oluşunca büretin musluğu kapatılır.
7. Büretteki NaOH'in hacmi kaydedilerek harcanan NaOH miktarı belirlenir.
8. Deney iki kez tekrarlanarak harcanan NaOH'in ortalaması alınır, $M_AV_AD_A = M_BV_BD_B$ formülünde bilinen değerler yerine yazılarak asidin derişimi hesaplanır.

	I. Deney	II. Deney
Harcanan Bazın Hacmi		
Bazın Derişimi		
Asidin Hacmi		

ETKİNLİĞİN SONUÇLANDIRILMASI

1. Titrasyonda hangi tepkime gerçekleşmiştir?
2. Standart baz çözeltisi asit çözeltisine ilave edilince aşağıdaki grafik elde edilir. Grafiğe bakarak pH ile ilave edilen baz arasındaki bağıntıyı yorumlayınız.

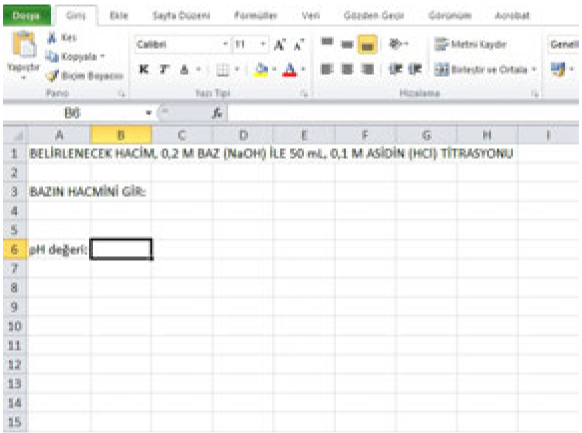


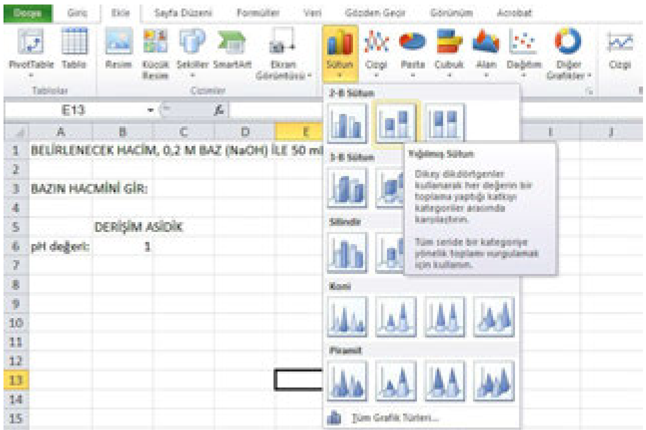
3. Titrasyonda pembe rengin kalıcı olduğu sırada elde edilen pH değeri ne olmalıdır?

ELEKTRONİK TABLOLAMA PROGRAMI KULLANILARAK TİTRASYON YÖNTEMİNE YÖNELİK HESAPLAMALARIN KURGULANMASI

Titrasyon, elektronik tablolama yöntemiyle küçük bir program hâline getirilebilir ve bu titrasyon grafik üzerinde incelenebilir. Bunun için öncelikle elektronik tablolama yapılan bir programa ihtiyaç vardır. Daha sonra aşağıdaki basamaklar sırasıyla uygulanır.

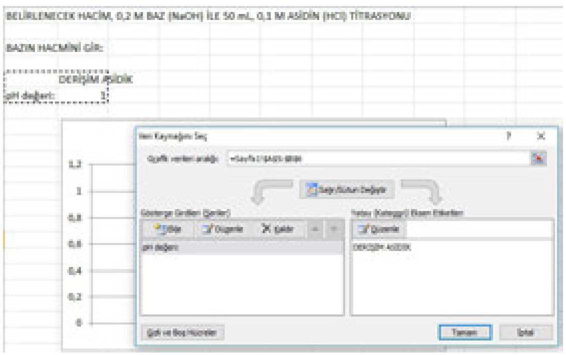
1. Program açıldıktan sonra çalışma sayfasına Görsel 6.3.10.a'da görülen bilgiler hücre yerleri değiştirilmeden A1, A3 ve A6 hücrelerine yazılır.
2. B6 hücresine **=EĞER(C3=25;7;EĞER(C3<25;YUVARLA((-LOG((0,005-0,2*C3/1000)/(0,05+C3/1000)));2);(YUVARLA(-LOG((0,2*C3/1000-0,005)/(0,05+C3/1000));2)-14)*-1))** programı eksiksiz bir şekilde yazılır.
3. B5 hücresine **=EĞER(B6=7;"DERİŞİM NÖTR";EĞER(B6<7;"DERİŞİM ASİDİK";"DERİŞİM BAZİK"))** yazılır.

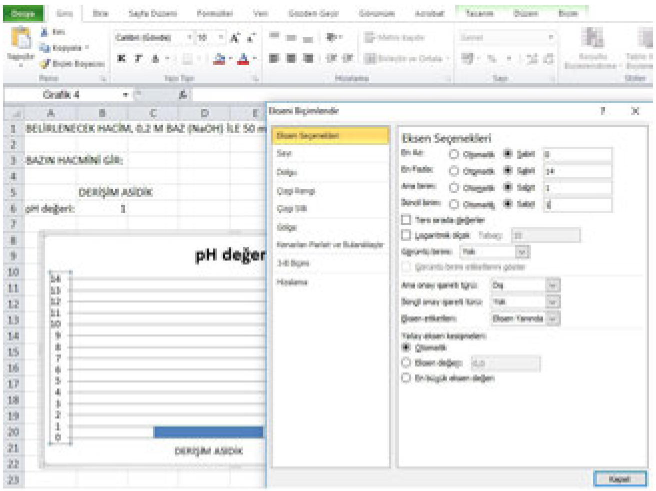




Görsel 6.3.10: Elektronik tablolama
a) Hücreleri doldurma ve veri girme **b)** Grafik seçimi

4. Yazım aşaması bittiğinde farenin işaretleyicisi boş bir hücredeyken farenin sol tuşu tıklanarak çalışma sayfasının üstündeki "Ekle", çıkan bölümden "Sütun" ve "2B Sütun" bölümünden de "Yığılmış sütun" seçilir (Görsel 6.3.10.b). Çıkan tablonun içinde farenin sağ tuşuna basılarak "Veri seç" bölümü tıklanır. Noktalı işaretlerle gösterilen bölüm farenin sol tuşuna basılıyken işaretlendikten sonra "Tamam" tuşuna basılır (Görsel 6.3.11.a).





Görsel 6.3.11: Elektronik tablolama
a) Tabloya veri girme **b)** Grafik biçimlendirme

5. Çıkan grafik resmi üzerindeki renkli çubuğun üstüne gelinerek farenin sağ tuşuna ve çıkan bölümden "Veri etiketi ekle" bölümüne tıklanır. Daha sonra grafiğin üstündeki rakamlar bölümüne, farenin sağ tuşuna, çıkan bölümden "Ekseni biçimlendir"e tıklanır. Çıkan sayfadan Görsel 6.3.11.b'de görülen değerler girilir ve kapat tuşuna tıklanır.
6. Program hazır hâle gelmiştir. C3 hücresine girilen değerler (0-100 arası), derişimin pH değerini ve değişim grafiğini oluşturur.

NELER KAZANILACAK? **Sulu ortamlarda çözünme-çökelme dengeleri açıklanırken**

a) Çözünme-çökelme denge örneklerine yer vererek çözünürlük çarpımı ($K_{çç}$) ve çözünürlük (s) kavramlarını ilişkilendirecek,

b) Tuzların çözünürlüğüne etki eden faktörlerden sıcaklık ve ortak iyon etkisi üzerinde duracak,

c) Ortak iyon etkisi hesaplamaları yapılacaktır.

HATIRLAYINIZ

İki elektrolit çözelti birbiri ile karıştırıldığı zaman çözeltide bulunan bazı iyonlar birbiri ile tepkimeye girerek suda az çözünen katı madde (çökelti veya çökelek) oluşturabilir. Bu tür tepkimelere çözünme-çökelme tepkimesi denir.

6.3.9. ÇÖZÜNME-ÇÖKELME TEPKİMELERİ

Mağaralardaki sarkıt ve dikitler, çaydanlık ve su borularındaki tortu kimyasal tepkime türlerinden biri olan çözünme-çökelme tepkimesi sonucu oluşur. Ayrıca çözünme-çökelme tepkimesi deniz suyundan minerallerin özütlenmesinde, ilaç sektöründe, laboratuvarda tuz karışımlarını ayırmak ve analiz etmek için kullanılır.

NaCl suda çok çözünen bir tuz olduğu hâlde AgBr suda az çözünen bir tuzdur. AgBr gibi suda az çözünen maddenin bir miktarı suya ilave edildiğinde bir süre sonra AgBr'nin doymuş çözeltisi oluşur. Doymuş AgBr çözeltisinde az çözünen AgBr katısı ile katıyı oluşturan Ag^+ ve Br^- iyonları suda denge hâlindedir. Bu denge çözünürlük dengesi olarak aşağıdaki gibi yazılır.

$$AgBr(k) \underset{\text{çökelme}}{\overset{\text{çözünme}}{\rightleftharpoons}} Ag^+(aq) + Br^-(aq)$$

AgBr suda kısmen çözünür. Tepkimeyi oluşturan maddeler farklı fiziksel hâlde olduklarından tepkime heterojendir. Tepkimede yer alan AgBr katısının derişimi sabitttir. Denge bağıntısında katı hâldeki maddeler yer almayacağı için çözünürlük denge bağıntısı

$K_{çç}=[Ag^+][Br^-]$ şeklinde yazılır. Buradaki $K_{çç}$'ye **çözünürlük çarpımı sabiti** veya **çözünürlük çarpımı** denir.

Çözünürlük çarpımı, iyonik katı ve çözünmüş iyonlar arasındaki dengeyi ifade eder. Çözünürlük çarpımı doymuş çözeltideki iyonların derişimleri çarpımına eşittir. Denge bağıntısında olduğu gibi iyonların önündeki katsayılar iyon derişimleri üzerine katsayı olarak yazılır.

ÖRNEK VE ÇÖZÜM

Örnek

1. Aşağıda verilen iyonik katılar için çözünürlük çarpımı ifadelerini yazınız.

a) $CaCO_3$

b) PbI_2

Çözüm

1. **a)** $CaCO_3(k) \rightleftharpoons Ca^{2+}(aq) + CO_3^{2-}(aq)$

$K_{çç} = [Ca^{2+}][CO_3^{2-}]$

b) $PbI_2(k) \rightleftharpoons Pb^{2+}(aq) + 2I^-(aq)$

$K_{çç} = [Pb^{2+}][I^-]^2$

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. Aşağıda verilen iyonik katılar için çözünürlük çarpımı ifadelerini yazınız.

a) $Al(OH)_3$

b) FeS

ÇÖZÜNÜRLÜK ÇARPIMI VE ÇÖZÜNÜRLÜK

İyonik bileşiğin çözünürlüğü çözünürlük çarpımı ile ifade edilir. Çözünürlük çarpımının sayısal değeri ne kadar küçükse iyonik bileşiğin sudaki çözünürlüğü de o kadar azdır. $K_{çç}$ değerleri ancak deneysel olarak elde edilebilir. Çözünürlük çarpımı büyüdükçe çözünürlük artar. Örneğin 25 ^{o}C'ta AgCl'ün çözünürlük çarpımı $K_{çç}$ = $1,6x10^{-10}$, $Al(OH)_3$'in çözünürlük çarpımı $K_{çç}$ = $1,8x10^{-33}$'tür. Çözünürlük çarpımlarından da anlaşılacağı gibi AgCl'ün çözünürlüğü $Al(OH)_3$'in çözünürlüğünden büyüktür.

Bir maddenin çözünürlüğü molar çözünürlük veya çözünürlük olarak ifade edilebilir. Tablo 6.3.6'da bazı bileşiklerin çözünürlük çarpımı verilmiştir.

Molar çözünürlük 1 litre doymuş çözeltideki çözünen maddenin mol sayısıdır. Birimi mol/L 'dir.

Tablo 6.3.6: Bazı Bileşiklerin Çözünürlük Çarpımı Sabitleri (25 ^{o}C'ta)

Bileşiğin Adı	Formülü	$K_{çç}$
Bakır(I) bromür	CuBr	$4,2x10^{-8}$
Baryum karbonat	$BaCO_3$	$8,1x10^{-9}$
Cıva(II) sülfür	HgS	$4,0x10^{-54}$
Çinko hidroksit	$Zn(OH)_2$	$1,8x10^{-14}$
Çinko sülfür	ZnS	$3,0x10^{-23}$
Demir(II) hidroksit	$Fe(OH)_2$	$1,6x10^{-14}$
Demir(III) hidroksit	$Fe(OH)_3$	$1,1x10^{-36}$
Demir(II) sülfür	FeS	$6,0x10^{-19}$
Gümüş klorür	AgCl	$1,6x10^{-10}$
Gümüş sülfat	Ag_2SO_4	$1,4x10^{-5}$
Kalsiyum florür	CaF_2	$4,0x10^{-11}$
Kalsiyum hidroksit	$Ca(OH)_2$	$8,0x10^{-6}$
Kalsiyum karbonat	$CaCO_3$	$8,7x10^{-9}$
Kobalt(II) sülfür	CoS	$4,0x10^{-21}$
Krom(III) hidroksit	$Cr(OH)_3$	$3,0x10^{-29}$
Kurşun(II) kromat	$PbCrO_4$	$2,0x10^{-14}$
Kurşun(II) sülfür	PbS	$3,4x10^{-28}$
Magnezyum hidroksit	$Mg(OH)_2$	$1,2x10^{-11}$
Mangan(II) sülfür	MnS	$3,0x10^{-14}$
Stronsiyum karbonat	$SrCO_3$	$1,6x10^{-9}$

İyonik bir katının çözünürlüğü biliniyorsa çözünürlük çarpımı, çözünürlük çarpımı biliniyorsa çözünürlüğü hesaplanabilir.

ÖRNEK VE ÇÖZÜM

Örnek

1. 25 °C'ta doymuş $CaSO_4$ çözeltisindeki Ca^{2+} ve SO_4^{2-} iyonlarının çözünürlüğü $4{,}9x10^{-3}$ mol/L olduğuna göre $K_{çç}$ değerini hesaplayınız.

Çözüm

1. $CaSO_4(k) \rightleftharpoons Ca^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq)$

$4{,}9x10^{-3}$ M $\quad$ $4{,}9x10^{-3}$ M

$K_{çç} = [Ca^{2+}][SO4^{2-}]$

$K_{çç} = 4{,}9x10^{-3} \cdot 4{,}9x10^{-3}$

$K_{çç} = 24{,}01x10^{-6}$

Örnek

2. 25 °C'ta doymuş $SrCO_3$ çözeltisinin çözünürlük çarpımı $6{,}25x10^{-10}$ olduğuna göre $SrCO_3$ çözeltisinin çözünürlüğünü hesaplayınız.

Çözüm

2. $SrCO_3(k) \rightleftharpoons Sr^{2+}(aq) + CO_3^{2-}(aq)$

x $\quad$ x

$K_{çç} = [Sr^{2+}][CO_3^{2-}]$

$6{,}25x10^{-10} = x \cdot x$

$\sqrt{6{,}25x10^{-10}} = \sqrt{x^2}$

$x = 2{,}5 \cdot 10^{-5}$

Örnek

3. AB_2 katısının belirli sıcaklıktaki çözünürlük çarpımı $4x10^{-12}$ olduğuna göre aynı sıcaklıktaki çözünürlüğünü hesaplayınız.

Çözüm

3. $AB_2(k) \rightleftharpoons A^{2+}(aq) + 2B^{-}(aq)$

x $\quad$ 2x

$K_{çç} = [A^{2+}][B^{-}]^2$

$4x10^{-12} = x \cdot (2x)^2$

$4x10^{-12} = 4x^3$

$10^{-12} = x^3$

$x = 10^{-4}$ mol/L

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. 25 °C'ta doymuş $BaCO_3$ katısının çözünürlük çarpımı $8{,}1x10^{-9}$ olduğuna göre çözünürlüğünü hesaplayınız.

2. Belirli sıcaklıkta doymuş $Al(OH)_3$ çözeltisinde bulunan $[OH^{-}]$ iyonu derişimi $3x10^{-9}$ mol/L olduğuna göre aynı sıcaklıkta $Al(OH)_3$'in çözünürlük çarpımını hesaplayınız.

3. XY_2 katısının belirli sıcaklıktaki çözünürlük çarpımı $32x10^{-9}$ olduğuna göre XY_2 bileşiğindeki iyonların çözünürlüğünü hesaplayınız.

TUZLARIN ÇÖZÜNÜRLÜĞÜNE ETKİ EDEN FAKTÖRLER

Çözünme-çökelme tepkimelerinde çözünürlüğü etkileyen faktörlerden en önemlileri sıcaklık ve ortak iyon etkisidir.

Sıcaklık

Katıların çözünürlüğü genellikle endotermik olduğundan sıcaklık arttıkça tuzların suda çözünmeleri de artar. İyonik bir katı, suda çözündüğünde maksimum düzensizlik artar. Sıcaklık artışı endotermik tepkimelerde çözünmeyi artırırken ekzotermik tepkimelerde çökelmeyi artırır.

Örneğin 15 ^oC'ta PbI_2 iyonik bileşiğinin çözünürlük çarpımı $4x10^{-9}$ olduğu hâlde 25 ^oC'taki PbI_2'ün çözünürlük çarpımı $1,4x10^{-8}$dir. Bu değer sıcaklık arttıkça PbI_2'ün çözünürlüğünün de arttığını belirtir.

$$PbI_2(k) + ısı \underset{çökelme}{\overset{çözünme}{\rightleftharpoons}} Pb^{2+}(aq) + 2I^-(aq)$$

PbI_2 tuzunun suda çözünmesi endotermiktir. Sıcaklığın artırılması dengenin ileri yönde (çözünme) ilerlemesini sağlar. Dengenin çözünme yönünde ilerlemesi maksimum düzensizliği ve çözünürlüğü artırırken $K_{çç}$ değeri de artar.

Endotermik tepkimelerde sıcaklığın azaltılması tepkimenin geri yönde (çökelme) olmasını sağlarken maksimum düzensizliği azaltır, $K_{çç}$ değerini küçültür.

Ortak İyon Etkisi

AgCl katısı saf su yerine bu katıdaki iyonu içeren bir çözeltide çözünürse bu çözeltideki çözünürlüğü saf sudaki çözünürlüğünden az olur. Çünkü ortak iyon, çözünürlüğü azaltır. Ortak iyonun derişimi arttıkça çözünürlük azalır.

$$AgCl(k) \underset{çökelme}{\overset{çözünme}{\rightleftharpoons}} Ag^+(aq) + Cl^-(aq)$$

AgCl tuzunun Ag^+ iyonları içeren bir çözeltide çözündüğü düşünülürse ortamdaki Ag^+ iyonları derişimi artar. Le Chatelier İlkesi'ne göre sistem çözeltideki Ag^+ iyonları derişimini azaltmak için geri yönde ilerler. Tepkimenin geri yönde ilerlemesi AgCl tuzunun çökmesine neden olur. Böylece AgCl'ün çözünen miktarı, dolayısıyla çözünürlüğü azalmış olur.

ORTAK İYON ETKİSİ HESAPLAMALARI

Ortak iyonun çözünürlüğe etkisi sayısal olarak da hesaplanabilir.

ÖRNEK VE ÇÖZÜM

Örnek

1. AgCl tuzunun belirli sıcaklıktaki çözünürlük çarpımı $16x10^{-10}$ olduğuna göre

a) 1 L saf sudaki çözünürlüğünü hesaplayınız.

Çözüm

1. a) $AgCl(k) \rightleftharpoons Ag^+(aq) + Cl^-(aq)$

x x

$K_{çç} = [Ag^+][Cl^-]$

$16x10^{-10} = x \cdot x$

$x = 4x10^{-5}$ M

b) $AgNO_3(k) \longrightarrow Ag^+(aq) + NO_3^-(aq)$

b) 1 L 0,1 M $AgNO_3$ çözeltisindeki çözünürlüğünü hesaplayınız.

0,1 M   0,1 M   0,1 M

$AgCl(k) \rightleftharpoons Ag^+(aq) + Cl^-(aq)$

x+0,1   x

0,1 sayısının yanında x sayısı çok küçük bir sayı olduğu için ihmal edilir.   x+0,1= 0,1 alınır.

$K_{çç}=[Ag^+][Cl^-]$

$16x10^{-10} = 0,1 \cdot x$

$x = 16x10^{-9}$ M

2. 25 °C'taki CaF_2 tuzunun saf sudaki doygun çözeltisinin $K_{çç}$'si $4x10^{-12}$ olduğuna göre

a) Saf sudaki çözünürlüğünü hesaplayınız.

a) İlk önce CaF_2 tuzunun saf sudaki çözünürlüğü hesaplanır.

$CaF_2(k) \rightleftharpoons Ca^{2+}(aq) + 2F^-(aq)$

x   2x

$K_{çç}= [Ca^{2+}][F^-]^2$

$4x10^{-12} = x \cdot 4x^2$

$4x10^{-12} = 4x^3$

$x^3 = 10^{-12}$

$x = 10^{-4}$ M

b) 0,01 M NaF çözeltisindeki çözünürlüğünü hesaplayınız.

b) 0,01 M PbF_2'deki NaF'ün çözünürlüğü

$NaF(k) \longrightarrow Na^+(aq) + F^-(aq)$

0,01 M   0,01M   0,01 M

$CaF_2(k) \rightleftharpoons Ca^{2+}(aq) + 2F^-(aq)$

x   2x+0,01   2x ihmal edilir.

$K_{çç}= [Ca^{2+}][F^-]^2$

$4x10^{-12} = x \cdot (1x10^{-2})^2$

$x = 4x10^{-8}$ M

c) 0,01 M $Ca(NO_3)_2$ çözeltisindeki çözünürlüğünü hesaplayınız.

c) $Ca(NO_3)_2(k) \longrightarrow Ca^{2+}(aq) + 2NO_3^-(aq)$

0,01 M   0,01 M   0,02 M

$CaF_2(k) \rightleftharpoons Ca^{2+}(aq) + 2F^-(aq)$

x̸ + 0,01   2x

$K_{çç}=[Ca^{2+}][F^-]^2$

$4x10^{-12} = (0,01)(2x)^2$

$x = 10^{-5}$ M

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. Belirli sıcaklıkta $PbCrO_4$'ın çözünürlük çarpımı $9x10^{-14}$ olduğuna göre aynı sıcaklıkta

a) Saf sudaki çözünürlüğünü hesaplayınız.

b) 0,01 M $Pb(NO_3)_2$'taki çözünürlüğünü hesaplayınız.

NELER KAZANILDI?

1. Oda koşullarında 8 gr NaOH içeren 2 L çözelti hazırlanıyor.

Bu çözeltinin pOH değerini bulunuz.
(NaOH: 40 g/mol)

2. Aşağıda verilen soruları cevaplayınız.

a) Brönsted-Lowry tanımına göre asit ve bazı tanımlayınız.

b) Brönsted-Lowry tanımına göre aşağıdaki tepkimelerin üzerinde konjuge asit-baz çiftlerini belirleyiniz.

$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$
$CO_3^{2-} + H_2O \rightleftharpoons HCO_3^- + OH^-$
$H_3PO_4 + CO_3^{2-} \rightleftharpoons H_2PO_4^- + HCO_3^-$

3. Zayıf bir baz olan $Mg(OH)_2$'in oda koşullarında 0,01 M'lık çözeltisi hazırlanıyor. Bu koşullarda $Mg(OH)_2$'in % 0,10'u ayrıştığına göre

a) $[OH^-] = ?$

b) K_b sabiti kaçtır?

c) pH kaçtır? (log 2=0,3)

4. 0,05 M 50 mL H_2SO_4 çözeltisinin pOH değerini bulunuz.

5. $CaCO_3(k) + ısı \rightleftharpoons CaO(k) + CO_2(g)$ tepkimesi pistonlu kapalı bir kapta dengedeyken ayrı ayrı oda koşullarında aşağıdaki işlemler uygulanıyor.

Her bir işlemin dengeyi ve denge sabitini nasıl etkileyeceğini açıklayınız.

I. Kaba CO_2 gazı eklemek

II. Kap hacmini küçültmek

III. Sabit sıcaklıkta He gazı eklemek

IV. $CaCO_3$ miktarını artırmak

V. Kaba CaO katısı eklemek

6. 0,56 gram KOH katısı ile 1000 mL suda çözünerek hazırlanan çözelti için

I. H^+ iyonu derişimi 1.10^{-2} M'dır.
II. Su eklenirse pH değeri azalır.
III. pOH değeri 2'dir.

yargılarından hangisi ya da hangileri doğrudur?
(KOH: 56 g/mol)

A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II
D) II ve III E) I, II ve III

7. Aşağıdaki tepkimelerden hangisinde maksimum düzensizlik eğilimi ürünler tarafındadır?

A) $CO_2(g) \rightleftharpoons CO_2(k)$
B) $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$
C) $2CO(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2CO_2(g)$
D) $CH_4(g) + 2O_2(g) \rightleftharpoons CO_2(g) + 2H_2O(g)$
E) $PbF_2(k) \rightleftharpoons Pb^{2+}(aq) + 2F^-(aq)$

8. 25 °C'ta doymuş $MgCl_2$ çözeltisindeki Cl^- iyonlarının derişimi $2x10^{-4}$ mol/L olduğuna göre $MgCl_2$'ün $K_{çç}$ değeri aşağıdakilerden hangisidir?

A) $2x10^{-12}$ B) $4x10^{-12}$ C) $2x10^{-10}$
D) $4x10^{-10}$ E) $1x10^{-12}$

ÜNİTEYİ BİTİRİRKEN

Aşağıdaki metinde boş bırakılan yerleri uygun sözcüklerle doldurunuz. Verilen soruları yanıtlayınız.

Belirli koşullardaki kimyasal tepkimede, tepkimeye girenlerin ve ürünlerin derişimlerinin zamanla değişim göstermediği duruma (a)……..……… …………. denir. Tersinir bir tepkimede denge anında ürünlerin derişimlerinin tepkimeye girenlerin derişim oranına (b)…………. …………. denir. Derişimler cinsinden denge sabiti (c)…… ile, kısmi basınçlar cinsinden denge sabiti ise(ç)…..…. şeklinde gösterilir. (d)……………..... İlkesi'ne göre dengedeki sisteme dışarıdan (e)…………, (f)…………, (g)………… değişikliği yapıldığında sistem tekrar dengeye ulaşıncaya kadar bu etkiyi (h)…………..… yönde eğilim gösterir.

Su molekülü de kendi iyonlarıyla denge hâlindedir. Suyun iyonlarına ayrışmasına (ı)……………..... denir. Saf su ayrıştığında oluşan (i)……….... iyonu ve (j)……….... iyonu tüm sulu çözeltilerde bulunur. $[H^+]$'nin negatif logaritmasına (k)….. ve $[OH^-]$'in negatif logaritmasına (l)…… denir ve bu iyonların derişimi çözeltinin asidik, bazik veya nötr olarak değerlendirilmesini sağlar.

(m)……….…………… tanımına göre proton (H^+) veren maddeler asit, proton (H^+) alan maddeler bazdır ve asit-baz tepkimelerinde proton, asitten baza transfer edilir. Aralarında bir proton farkı olan asit-baz çiftine (n)……….…………… asit-baz çifti denir. Suda çözündüğünde %100 iyonlaştığı varsayılan asit-baza (o)……….…, suda kısmen iyonlaştığı varsayılan asit-baza (ö)……….... asit-baz denir. Zayıf asit ve bazların iyonlarına ayrışma denge sabitlerine sırasıyla (p)……….... sabiti ve (r)……….... sabiti denir. Bu denge sabitleri sırasıyla K_a ve K_b şeklinde gösterilir. Az miktarda asit veya baz eklenmesi ile pH değişimine direnç gösteren ve zayıf konjuge asit veya baz çiftlerini içeren çözeltilere (s)…………. çözelti denir.

Bir asit ile baz çözeltisi karıştırıldığında asitten gelen H^+ iyonunun mol sayısı ile bazdan gelen OH^- iyonu mol sayısı eşit olduğunda (ş)……...……… gerçekleşir. Derişimi bilinen asit veya bazı kullanarak derişimi bilinmeyen asit veya bazın derişimini bulmak için yavaş yapılan nötralleşme işlemine (t)……….…… denir ve çözeltinin nötralleşme anını tespit etmek için (u)……………..... kullanılır.

Bir tuzun suda çözünmesi sırasında da denge oluşur. 25 °C'ta suda az çözünen tuzların doygun çözeltilerindeki denge sabitine (ü)…………. …………. denir ve Kçç sembolü ile gösterilir. Bu değer çözünen maddeye ve sıcaklığa bağlıdır.

- **sıcaklık**
- **kuvvetli**
- **indikatör**
- **hidroksit**
- **kimyasal denge**
- **hidrojen**
- **zayıf**
- **tampon**
- **denge sabiti**
- **çözünürlük çarpımı**
- **Kc**
- **pH**
- **Kp**
- **pOH**
- **nötralleşme**
- **basınç**
- **Brönsted-Lowry**
- **derişim**
- **eşlenik (konjuge)**
- **titrasyon**
- **asitlik**
- **Le Chatelier**
- **oto-iyonizasyon**
- **bazlık**
- **azaltacak**

1. Tepkimedeki girenlerin ve ürünlerin miktarının sabit kalabilmesi ve tepkimenin denge hâlinden söz edebilmek için hangi şartlar olmalıdır?

2. Maksimum düzensizlik ve minimum enerji eğilimi nedir? Açıklayınız.

3. Sistem dengeye gelmeden önce ve denge anında ileri ve geri tepkime hızları nasıl değişir?

4. $2N_2O(g) + 3O_2(g) \rightleftharpoons 4NO_2(g)$

denge tepkimesi için

a) Derişimler cinsinden denge sabitini yazınız.

b) Kısmi basınçlar cinsinden denge sabitini yazınız.

c) İki denge sabiti arasındaki ilişkiyi yazınız.

5. Mekanizmalı tepkimelerde denge sabiti hangi tepkimeye göre yazılır? Ara basamaklara bağlı mıdır? Yazınız.

6. a) Bir kimyasal tepkime ters çevrildiğinde ve tepkime denklemi herhangi bir katsayıyla çarpıldığında denge sabitinin (Kc) değeri nasıl değişir?

b) Kimyasal tepkime iki veya daha fazla kimyasal tepkimenin toplamı şeklinde yazılabiliyorsa toplam tepkimenin denge sabiti, toplanan tepkimelerin denge sabitlerine hangi işlem uygulanarak bulunur?

7. Ekzotermik tepkimede sıcaklık artışı sonucunda tepkime hangi yöne ilerler? Sıcaklık artışının denge sabitinin değerini nasıl etkileyeceğini açıklayınız.

8. a) Sabit sıcaklıkta gaz bileşeni olan bir denge tepkimesinin hacmi azaltıldığında (basıncı arttığında) tepkime hangi yönde ilerler? Sebebini açıklayınız.

b) Hacmin azaltılması denge sabitinin sayısal değerini değiştirir mi? Belirtiniz.

9. Katalizör dengeyi nasıl etkiler? Açıklayınız.

10. Suyun oto-iyonizasyonunu gösteren denge tepkimesini ve denge bağıntısını yazınız.

11. Kuvvetli asit/bazlar ile zayıf asit/bazların iyonlaşma yüzdelerini, asitlik ve bazlık sabitlerini ve elektrik iletkenliklerini karşılaştırınız.

12. 25 °C'ta $[H^+] = 10^{-4}$ M olan çözelti için

a) pH değerini,

b) pOH değerini,

c) Çözeltideki OH^- iyonu derişiminin kaç molar olduğunu,

ç) Ortamın asit/bazlığını yazınız.

13. Aşağıdaki tuzların iyonlaşma tepkimelerini ve çözünürlük denge bağıntılarını (çözünürlük çarpımı) yazınız.

a) $PbBr_2$

b) Fe_2S_3

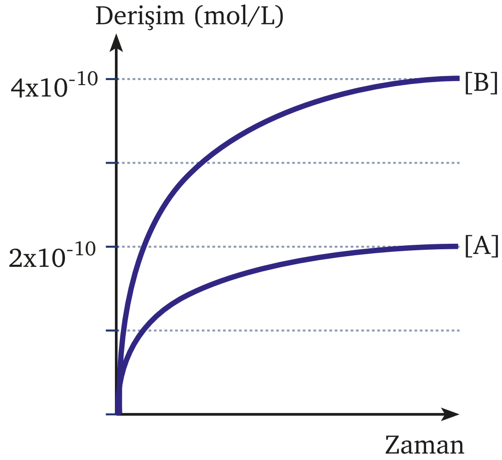
c) $Mg_3(PO_4)_2$

14. $HS^- + H_2O \rightleftharpoons H_2S + OH^-$ tepkimesinde eşlenik (konjuge) asit-baz çiftlerini belirleyiniz.

15. Katısı ile dengede bulunan $Ca(OH)_2$ çözeltisindeki Ca^{2+} iyonları molar derişimi $4x10^{-5}$ mol/L'dir. $Ca(OH)_2$'in çözünürlük çarpımı kaçtır?

16. Belli sıcaklıkta çözünürlük çarpımı $2x10^{-10}$ olan AgCl tuzunun aynı sıcaklıkta 0,01 M NaCl çözeltisindeki çözünürlüğünü hesaplayınız.

17. Aşağıda az çözünen bir tuzun doygun çözeltisine ait derişim-zaman grafiği verilmiştir.



Grafikten yararlanarak bileşiğin çözünürlük çarpımını hesaplayınız.

18. Kimyasal denge ile ilgili aşağıdakilerden hangisi yanlıştır?

A) Dengenin kurulabilmesi için tepkime kapalı bir kapta gerçekleşmelidir.

B) Dengeden söz etmek için sıcaklık sabit olmalıdır.

C) Denge anında ileri tepkime hızı, geri tepkimeden daima yüksektir.

D) Denge dinamik bir olaydır.

E) Denge anında gözlenebilen özellikler sabit kalır.

19. $H_2(g) + Cl_2(g) \rightleftharpoons 2HCl(g) + ısı$

tepkimesi ile ilgili

I. Maksimum düzensizlik eğilimi ürünler yönündedir.

II. Sıcaklık artırılırsa denge girenler yönüne ilerler.

III. Minimum enerjiye eğilim girenler yönündedir.

ifadelerinden hangisi ya da hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II
D) II ve III E) I, II ve III

20. Aşağıdakilerden hangisi ya da hangileri kesinlikle doğrudur?

I. Kuvvetli asitler sulu çözeltilerinde %100 iyonlaşır.

II. Bir asitteki hidrojen atomu sayısı arttıkça asitlik kuvveti artar.

III. Zayıf asit ve bazların sulu çözeltileri elektriği iyi iletir.

A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III
D) II ve III E) I, II ve III

21. 25 °C'taki hidroksit iyonları derişimi 0,05 molar olan bir çözeltinin pH'ı kaçtır? (log 5= 0,7)

A) 1,3 B) 3,8 C) 8,2
D) 12,7 E) 13,3

22. PbF_2 bileşiği için 25 °C'ta çözünürlük çarpımı $4x10^{-9}$dur.

Aynı sıcaklıkta hazırlanan doymuş çözelti için

I. Kurşun iyonları derişimi $1x\ 10^{-3}$ M'dır.

II. Florür iyonları derişimi $1x10^{-3}$ M'dır.

III. Saf sudaki çözünürlüğü $1x10^{-3}$ M'dır.

ifadelerinden hangisi ya da hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III
D) I ve III E) I, II ve III

23. Şule, tabloda verilen doğru/yanlış türündeki ifadeleri aşağıdaki gibi işaretlemiştir.

	Bilgi	D	Y
I	Belirli sıcaklık ve basınçta 100 gram veya 100 ml suda çözünen madde miktarına çözünürlük denir.	✓	
II	Ortak iyon çözünürlüğü artırır.	✓	
III	Saf sudaki çözünürlük ortak iyon içeren çözeltideki çözünürlüğe göre daha fazladır.	✓	
IV	Asit-bazların suda çözünmesi iyonik çözünmedir.		✓
V	Tuzların çözünürlüğü sıcaklık arttıkça genellikle artar.	✓	

Buna göre Şule hangisini yanlış işaretlemiştir?

A) I ve V B) II ve III C) I ve III
D) I, II ve IV E) I, II, IV ve V

24. AgI'ün suda çözünmesi endotermiktir.

Aşağıdaki maddelerin hangisinde AgI'ün çözünürlüğü en azdır?

A) 25 °C'ta saf su

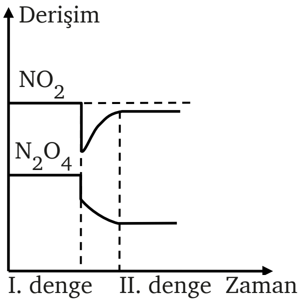
B) 20 °C'ta 0,1 M AgCl çözeltisi

C) 20 °C'ta 0,1 M KI çözeltisi

D) 15 °C'ta 0,2 M CaI_2 çözeltisi

E) 25 °C'ta 0,5 M AgF çözeltisi

25. $N_2O_4(g)$ + ısı $\rightleftharpoons$ $2NO_2(g)$ **tepkimesine ait derişim-zaman grafiğinin aşağıdaki gibi olması için**



I. Sıcaklığı artırmak

II. Hacmi artırmak

III. Kaptan N_2O_4 gazı çekmek

işlemlerinden hangisi ya da hangileri yapılmalıdır?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III

D) I ve II E) I, II ve III

26. 2 L 'lik bir kapta 2 mol PCl_5 gazı ile başlatılan $PCl_5(g) \rightleftharpoons PCl_3(g) + Cl_2$ (g) tepkimesi PCl_5'ün %50'si harcanınca dengeye ulaşıyor.

Buna göre tepkimenin derişimler cinsinden denge sabiti nedir?

A) 0,1 B) 0,2 C) 0,3

D) 0,4 E) 0,5

27. $X_2(g) + 2Y_2(g) \rightleftharpoons X_2Y_4$ (g) tepkimesine göre belirli bir sıcaklıkta denge sabiti 2'dir. Aynı sıcaklıkta 2 litrelik kapta 6 mol Y_2 gazı ve bir miktar X_2 gazı ile başlatılan tepkime dengeye ulaştığında kapta 2 mol X_2Y_4 gazı vardır.

Başlangıçtaki X_2 gazı kaç moldür?

A) 2 B) 3 C) 4 D) 5 E) 6

28. KBr tuzunun sulu çözeltisi ile ilgili

I. K^+ iyonları hidroliz olur.

II. Br^- iyonları hidroliz olur.

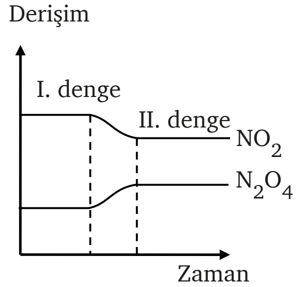
III. Sulu çözeltisinin pH değeri 7'dir.

yargılarından hangisi ya da hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III

D) II ve III E) II ve III

29. $N_2O_4(g)$ + ısı $\rightleftharpoons$ $2NO_2(g)$ tepkimesi dengedeyken bir etki sonucunda derişimleri grafikteki gibi oluyor.



Buna göre

I. Tepkime endotermiktir.

II. Sıcaklık artırılmıştır.

III. II. dengenin denge sabiti, I. dengenin denge sabitinden büyüktür.

yargılarından hangisi ya da hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III

D) I ve III E) I, II ve III

30. $PbCl_2(k) \rightleftharpoons Pb^{2+}(suda) + 2Cl^-(suda)$ **tepkime dengede iken aynı sıcaklıkta çözeltiye bir miktar $CaCl_2$ ilave edilirse**

I. Kçç değeri büyür.

II. Pb^{2+} iyonları derişimi azalır.

III. $PbCl_2$ katısı artar.

ifadelerinden hangisi ya da hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II

D) I ve III E) II ve III

31. XCI tuzunun 0,01 M $MgCl_2$ çözeltisindeki çözünürlüğü $2x10^{-6}$ Molar olduğuna göre XCI tuzunun çözünürlük çarpımı ($K_{çç}$) aşağıdakilerden hangisidir?

A) 2.10^{-6} B) 4.10^{-6} C) 2.10^{-8}

D) 4.10^{-8} E) 4.10^{-12}

32. $N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g)$ $K_1 = 1$

$N_2(g) + 3/2O_2(g) \rightleftharpoons N_2O_3(g)$ $K_2 = 0,25$

olduğuna göre

$4NO(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2N_2O_3$ **tepkimesinin denge sabiti K_3 nedir?**

A) 0,0625 B) 0,025 C) 0,050

D) 0,0125 E) 0,500

CEVAP ANAHTARI

1. ÜNİTE

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

s. 29/1. A, 2. C,
s. 36/1. $_{12}Mg$: $1s^2$ $2s^2$ $2p^6$ $3s^2$, $_{13}Al$: $1s^2$ $2s^2$ $2p^6$ $3s^2$ $3p^1$, $_{15}P$: $1s^2$ $2s^2$ $2p^6$ $3s^2$ $3p^3$,



2. $_{20}Ca$: [Ar] $4s^2$, $_{19}K$: [Ar] $4s^1$, $_{17}Cl$: [Ne] $3s^2$ $3p^5$, s. 38 $_{25}Mn$: $1s^2$ $2s^2$ $2p^6$ $3s^2$ $3p^6$ $4s^2$ $3d^5$, $_{29}Cu$: $1s^2$ $2s^2$ $2p^6$ $3s^2$ $3p^6$ $4s^1$ $3d^{10}$, $_{30}Zn$: $1s^2$ $2s^2$ $2p^6$ $3s^2$ $3p^6$ $4s^2$ $3d^{10}$, $_{35}Br$: $1s^2$ $2s^2$ $2p^6$ $3s^2$ $3p^6$ $4s^2$ $3d^{10}$ $4p^5$, s. 38 $_{12}Mg$: $1s^2$ $2s^2$ $2p^6$ $3s^2$, $_{12}Mg^{2+}$: $1s^2$ $2s^2$ $2p^6$, $_{13}Al$: $1s^2$ $2s^2$ $2p^6$ $3s^2$ $3p^1$, $_{13}Al^{3+}$: $1s^2$ $2s^2$ $2p^6$, $_{16}S$: $1s^2$ $2s^2$ $2p^6$ $3s^2$ $3p^4$, $_{16}S^{2-}$: $1s^2$ $2s^2$ $2p^6$ $3s^2$ $3p^6$, $_{17}Cl$: $1s^2$ $2s^2$ $2p^6$ $3s^2$ $3p^5$, $_{17}Cl^-$: $1s^2$ $2s^2$ $2p^6$ $3s^2$ $3p^6$, $_{24}Cr$: $1s^2$ $2s^2$ $2p^6$ $3s^2$ $3p^6$ $4s^1$ $3d^5$, $_{24}Cr^{3+}$: $1s^2$ $2s^2$ $2p^6$ $3s^2$ $3p^6$ $3d^3$, s. 41/1. a) 24, b) d, c) 4. periyot, 6B grubu, 2. $_8O$: $1s^2$ $2s^2$ $2p^4$ (2. periyot, 6A grubu), $_{10}Ne$: $1s^2$ $2s^2$ $2p^6$ (2. periyot, 8A grubu), $_{11}Na$: $1s^2$ $2s^2$ $2p^6$ $3s^1$ (3. periyot, 1A grubu), $_{15}P$: $1s^2$ $2s^2$ $2p^6$ $3s^2$ $3p^3$ (3. periyot, 5A grubu), $_{19}K$: $1s^2$ $2s^2$ $2p^6$ $3s^2$ $3p^6$ $4s^1$ (4. periyot, 1A grubu), $_{26}Fe$: $1s^2$ $2s^2$ $2p^6$ $3s^2$ $3p^6$ $4s^2$ $3d^6$ (4. periyot, 8B grubu), s.45 1,02 Å, s.46 $C^{4-}>C^{2-}>C>C^{2+}>C^{4+}$, s.47/1. $_{20}Ca>_{35}Br>_{12}Mg>_{15}P>_{17}Cl>_6C$, 2. $_9F>_7N>_{17}Cl>_{16}S>_{35}Br$, s.50/1.a) X:1, Y:2, Z:1, T:2, b) X:1A, Y:2A, Z:1A, T:2A, c) Z>X, T>Y, 2. a) Ca, b) Ar>P>S>Si>Mg>Al>Na, c) Ca, ç) C, s. 68/1. ($_7N$: $1s^2$ $2s^2$ $2p^3$), +5/+3/-3, 2. a) -3, b) -3, c) +1, ç) +2, d) +4, e) +3, f) +5, s.69 a) +5, b) +7, c) +3, ç) +6, d) +3, e) +3, f) +7, g) +4

NELER KAZANILDI?

s. 30/2. (2s) n=2, ℓ=0, (2p) n=2, ℓ=1, (3d) n=3, ℓ=2, (3p) n=3, ℓ=1, (4f) n=4, ℓ=3, 3. D, D, D, D, 4. D, 5. E, 6. 4p>3d>4s>2s>1s, 7. A, s. 42/1. B, 2. D, 3. B, 4. A, 5. E, 6. C, 7. a) $1s^2$ $2s^2$ $2p^6$ $3s^2$ $3p^6$ $4s^2$ $3d^1$, b) 3, c) 4. periyot, 3B grubu, ç) d, 8. 4. periyot, 2B grubu, s. 54/4. A, 5. D, 6. C, 7. E, s. 64/1. D, 2. C, 3. A, 4. $_9F$:p, s-p, 7, ametal, -1, kovalent-iyonik, $_{10}Ne$: p, s-p, 8, asal gaz, --, --, $_{25}Mn$: d, s-d, 7, metal, +7/+2, iyonik, $_{16}S$: p, s-p, 6, ametal, +6/+4/-2, kovalent-iyonik, $_{23}V$: d, s-d, 5, metal, +5/+2, iyonik, $_{20}Ca$: s, s, 2, metal, +2, iyonik, s. 70 C^{4+}, Pb^{4+}, P^{5+}/ P^{5+}, Cr^{6+} , Cr^{6+}/Cl^{5+}, N^{3-}, O^-/ C^{3+}, C^{4+} , N^{5+}/Cr^{6+}, N^{3-}, Cl^{7+}/C^{4+}, N^{5+}, Br^{7+}

ÜNİTE BİTERKEN

BOŞLUK DOLDURMA

(a) modeller, (b) yörüngeler, (c) orbital, (ç) kuantum, (d) Aufbau Prensibi, (e) Pauli İlkesi, (f) Hund Kuralı, (g) değerlik, (h) değerlik elektronu, (ı) periyodik sistem, (i) iyonlaşma enerjisi, (j) elektronegatiflik, (k) artar, (l) elektron ilgisi, (m) yükseltgenme basamağı

1. Nötr atom katyon oluşturduğunda hacmi azalır, anyon oluşturduğunda hacmi artar. 2. a) $_{17}Cl^->_{17}Cl^{7+}$, b) $_{15}P^{3-}>_{15}P>_{15}P^{5+}$, 3. SnO, SnO_2 4. a) $_{15}P$: $1s^2$ $2s^2$ $2p^6$ $3s^2$ $3p^3$ / p blok / -3, +3, +5, b) $_{17}Cl$: $1s^2$ $2s^2$ $2p^6$ $3s^2$ $3p^5$ / p blok / -1, +5, +7, c) $_{22}Ti$: $1s^2$ $2s^2$ $2p^6$ $3s^2$ $3p^6$ $4s^2$ $3d^2$ / d blok / +2, +4, ç) $_{26}Fe$: $1s^2$ $2s^2$ $2p^6$ $3s^2$ $3p^6$ $4s^2$ $3d^6$ / d blok / +2, +3, 5. a) $_{35}Br$: $1s^2$ $2s^2$ $2p^6$ $3s^2$ $3p^6$ $4s^2$ $3d^{10}$ $4p^5$, b) 4s, 4p, c) 7, ç) 4. periyot, 7A grubu, 6. E, 7.D, 8. B, 9. C, 10. D, 11. D, 12. C, 13. B, 14. C, 15. A, 16. A, 17. C, 18. A, 19. E, 20. E, 21. A, 22. C, 23. B, 24. D, 25. D, 26. 4. çıkış, 27. I. Elektronun bulunma olasılığının yüksek olduğu bölgedir. II. Elektronun düzlemsel hareketini temsil eder. III. Farklı şekillere sahiptir. IV. Her yörünge bir enerji düzeyi ile temsil edilir. V. Her orbitalde en fazla 2 elektron bulunur.

2. ÜNİTE

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

s. 80 a) 1140 mmHg, b) 1900 Torr, c) 0,5 atm, ç) 2280 Torr, d) 190 mmHg/190 Torr, e) 4 mmHg, f) 0,1atm/7,6 cmHg, s. 80 a) 3 L/3000 mL, b) 2000 mL, c) 0,1 L, ç) 0,0005 m^3/500 cm^3/0,5 L, s.83 250 L, s.85 -123 °C, s. 87/1. 5 atm, 2. 927 °C, s. 89/1. 800 mL, 2. 384 g, s. 101 1600 K, s. 105/1. P_{He}= 0,2 atm, P_{CO_2}= 0,6 atm, P_{N_2}= 1,2 atm, 2. a) P_{H_2}= 2,24 atm, P_{He}= 4,48 atm, P_{top}= 6,72 atm, b) 13,44 atm, s.107 420 mmHg

NELER KAZANILDI?

s. 92 a) 2 atm, b) 1 atm, c) 8 L, s. 96/1. 32,8 L, 2. 0,16 g/L, 3. 30 g/mol, 4. M_A'sı küçük olan H_2 ideale daha yakın, s. 102/1. B, 2. A, 3. a) $M_A/M_B=1/4$, b) $M_B=64$ g/mol, 4. a) $\nu_X/\nu_Y=1/6$, b) 6 mm, 5. 4, 6. a) Cam borunun tam ortasında (L-M arası), b) N_2 ısıtılabilir veya CO soğutulabilir, 7. D, Y (2 kat hızlı), D, s. 108/1. a) 760 mmHg (1 atm), b) 0,0004 mol 2. a) 2,1 atm, b) 0,1 atm, c) $X_{H_2}= 1/21$, $X_{CH_4}= 20/21$, s. 114/2 1000 K>640 K>500 K>200 K

ÜNİTE BİTERKEN

BOŞLUK DOLDURMA

(a) kinetik teori, (b) basıncı, (c) hacmine, (ç) normal şartlarda, (d) Kelvin, (e) ideal gaz, (f) gerçek gazlar, (g) yüksek, (h) düşük, (ı) difüzyon, (i) efüzyon, (j) sıvı, (k) faz diyagramı, (l) doygun buhar basıncı, (m) kısmi basınç, 1. Doğada bulunan gazların hepsi gerçek gazlara örnek olarak verilebilir. O_2, N_2, CO_2, SO_3, C_3H_8, gibi. 2. hacim, sıcaklık, madde miktarı, 3. Gaz moleküllerinin öz hacmi ne kadar küçükse gaz, idealliğe o kadar yakın olur. 4. I-ç, II-c, III-b, IV-a, 5. Charles Yasası, Gay Lusac Yasası, Boyle Yasası, Avogadro Yasası, 6. kritik sıcaklık, 7. kritik basınç, 8. buhar, 9. difüzyon, efüzyon / Gaz moleküllerinin aynı ya da farklı gaz molekülleri arasında yayılmasına difüzyon, kapalı bir kapta bulunan gaz moleküllerinin küçük bir delikten boşluğa yayılmasına efüzyon denir. 10. gerçek gaz, 11. üçlü nokta, 12. a) H_2, b) N_2, c) CH_4, 13. yanlış (tanecik sayısı ve basıncı üç katına çıkar,)
14. 481 mmHg, 15. 1 atm, 16. a) Kap hacmi azaltılmıştır. b) Kap hacmi artmış, basınç azalmıştır. c) Sabit hacimde kabı sıcaklığı artırılmıştır. ç) Kaptaki gaz miktarı artırılmıştır. 17. a) $P_{karışım}$= 1 atm, b) P_{He}= 0,5 atm, P_{O_2}= 0,5 atm, c) X_{He}= 0,5, 18. 48 s, 19. 10 L, 20. 2 atm, 21. $P_{SO_2}<P_{O_2}<P_{CH_4}$, 22. 32 g/mol, 23. 327 °C, 24. C, 25. C, 26. D, 27. B, 28. E, 29. E, 30. D, 31. C, 32. D, 33. D, 34. D, 35. 7. çıkış 36. n_{O_2}= 4/22,4 mol, n_{He}= 4/22,4 mol, P_{O_2}= 2/3 atm, P_{top}= 4/3 atm

3. ÜNİTE

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

s. 130/1. 33,6 g, 2. 50 mL, s. 131/3. a) 10 M, b) 2400 mL, c) 6 M, 4. 0,3 M, s. 132/1. 0,2 m, 2. 100 g, s. 132 %10, s. 134 %44, s. 135 %24, s. 135 X_{Benzen}= 0,1, X_{CCl_4}= 0,2, X_{Aseton}= 0,7, s. 136 $1{,}4x10^{-3}$ g, s. 140 a) 1, b) 2, c) 3 tanecik, s. 149/1. 550 g, 2. 20 °C, 3. 50 g/100 g su, 4. 9 g, 5. 250 g, s. 154 37,5 g/100 g su,

NELER KAZANILDI?

s. 126/1. (KF-H_2O): iyon-dipol, çözünür, (CCl_4-I_2): indüklenmiş dipol-indüklenmiş dipol (London), çözünür, (CH_3OH-H_2O): H bağı, çözünür, (Ne-H_2O): indüklenmiş dipol-dipol, çözünmez, s. 136/1. C, 2. E, 3. B, 4. C, s. 144/1. kaynama noktası IV>III>II>I=V, donma noktası IV<III<II<I=V, kaynama noktası yükselmesi ve donma noktası düşmesi maddenin çözeltide oluşturduğu tanecik sayısı ile doğru orantılıdır. CH_3OH: 1, $CaCO_3$: 2, MgF_2: 3, $AlCl_3$: 4, C_2H_5OH: 1 tanecik oluşturur, 2. 16,2 mmHg, 3. 101,02 °C, 4. -0,186 °C, s. 150/1. d, 2. f, 3. e, 4. ç, 5. a, 6. c, 7. g, 8. h,

ÜNİTE BİTERKEN

BOŞLUK DOLDURMA

(a) dipol-dipol, (b) iyon-dipol, (c) CH_4, O_2, (ç) hidrojen bağı, (d) molarite, (e) molalite, (f) kütlece yüzde, (g) ppm, (h) koligatif özellikler, (ı) düşüktür, (i) donma noktasını, (j) ozmoz, (k) ters ozmoz,

1. H_2O-HCl, 2. KCl-H_2O, 3. makarnanın suyuna tuz atılması, 4. kışın yollara tuz serpilmesi, 5. molarite, molalite, kütlece yüzde, hacimce yüzde, ppm, 6. ozmoz: hücre zarından su geçişi, ters ozmoz: su arıtımı, 7. I-b, II-ç, III-c, IV-a 8. 50 mL, 9. 250 mL, 10. 25,65 g, 11. 0,1 M, 12. 0,25 M, 13. 0,416 °C, 14. 400 g, 15. %25, 16. 84 g, 17. 600 mL, 18. 40 g/100 g su, 19. 132 g, 20. 120 g, 21. Etkileşim türleri, KF – H_2O: iyon-dipol, HCl – H_2O: dipol-dipol, I_2 – CCl_4: indüklenmiş dipol-indüklenmiş dipol (London), CH_3OH – CH_4: dipol-indüklenmiş dipol, C_2H_5OH – H_2O: H bağı, 4 tanesi çözelti (I, II, III ve V), 22. E, 23. D, 24. B, 25. C, 26. B, 27. E, 28. A, 29. C

4. ÜNİTE

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

s. 167/1. I, II, IV, 2. IV, 3. -1206,92 kj, s. 171 a) -24,8 kj/ekzotermik, b) +1124,08 kj/endotermik, s. 174/2. E, 3. E, s. 179 a) -184 kj, b) -92 kj, s. 184 a) +210 kj, b) girenler tarafındaki boşluğa 105 kj, c) ürünler tarafındaki boşluğa 845,6 kj, ç) ürünler tarafındaki boşluğa 2044 kj, d) -393,5 kj

NELER KAZANILDI?

s. 168/1. Y (etkiler), Y (büyüktür), Y (istemlidir), D, Y (azotun yanması endotermik), 2. E, 3. B, 4. I. (+), II. (-), III. (+), IV. genellikle (-), 5. E, s. 176/1. +2492 kj, 2. -66 kkal, 3. II, III, IV, 4. -801,34 kj 5. E, 6. B, 7. C, s. 180/1. +124 kj, 2. +92 kj, 3. 55,2, 4. -644 kj 5. C, s. 184/1. I. (-800 kj), II. (-200 kj), III. (+400 kj), 2. II, III, 3. b

ÜNİTE BİTERKEN

BOŞLUK DOLDURMA

(a) enerji, (b) endotermik, (c) ekzotermik, (ç) yanma, (d) negatif, (e) ürünlerin, (f) girenlerin, (g) ürünler, (h) endotermik, (ı) pozitiftir, (i) küçüktür, (j) girenler, (k) entalpi, (l) basınçta, (m) standart tepkime entalpisi, (n) standart oluşum entalpisi, (o) bağın, (ö) bağ enerjisi, (p) Hess, 4. Atomlar arasındaki kovalent bağı kırmak için gerekli olan enerjidir. Oluşan bağlarda dışarı enerji verilir, kırılan bağlarda enerji alınır. 6. 11,44 kj, 7. Kovalent bağ yapan iki atomun çekirdekleri arasındaki uzaklıktır. 8. a) III>II>I, b) III<II<I, 9. a) $C_3H_6 + 9/2O_2 \longrightarrow 3CO_2 + 3H_2O + 1600$ kj, b) 320 kj, c) 5,04 L, ç) 320 kj, 10. $\Delta H_2 > \Delta H_1 > \Delta H_3 > \Delta H_4$, 11. -32,6 kkal, 12. A, 13. E, 14. B, 15. E, 16. B, 17. B, 18. D, 19. D, 20. A, 21. D, 22. A, 23. D

5. ÜNİTE

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

s. 194/1. 81 kkal, 2. a) -24 kj, b) 40 kj, 3. E, s. 196 I-renk değişimi, II-pH artışı/iletkenlik azalması/gaz basıncı oluşumu, III- sabit hacimde basınç azalması/sabit basınçta hacim azalması/sıcaklık artışı, IV-iletkenlik azalması, s. 199/1. $4PH_3 \longrightarrow P_4 + 6H_2$, 2. 224 mL/s, 3. 0,112 L/s, 4. 4s, 5. I-iletkenlik azalması, II- (yanma) sıcaklık artışı veya katı kütlesinin kaybolması, III- (yanma) sıcaklık artışı veya sabit basınçta hacim azalması veya sabit hacimde basınç azalması, 6. A, s. 201 (a) heterojen, (b) homojen, (c) heterojen, s. 207 a) ikinci tepkime daha hızlı, b) ilk tepkime daha hızlı, s.212/1. Hız = $k[Cu^{2+}]$/ 1. dereceden, 2. a) Hız = $k[CO]^2[O_2]$, b) 3. dereceden, c) 9 kat artar, ç) yarıya iner, 3. a) Hız = $k[ClO_2][F_2]$, b) 1,2 L/s.mol, c) basamaklıdır, 4. a) 2, b) II. basamak, c) endotermik

NELER KAZANILDI?

s. 202/1. A, 2. D, 3. a) $r_{H_2O_2} = r_{H_2O} > r_{O_2}$, b) 0,01 mol/s, 4. D, 5. B, s. 215/1. Doğru, 2. Doğru, 3. $HI + IBr \longrightarrow I_2 + HBr$, 4. ortama H_2 veya IBr ekleme/sıcaklığı artırma/uygun katalizör kullanma/hacmi küçültme

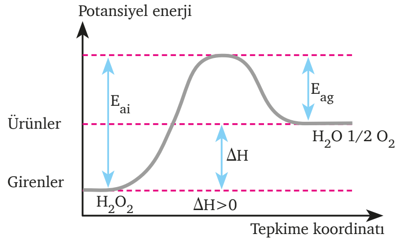
ÜNİTE BİTERKEN

BOŞLUK DOLDURMA

(a) aktivasyon enerjisi, (b) ortalama tepkime hızı, (c) hız denklemi, (ç) hız sabiti, (d) derişimi, (e) katalizör, (f) inhibitör, (g) sıcaklık, (h) temas yüzeyi, (ı) mekanizmalı, (i) yavaş basamak, (j) ara ürün
1. bir tepkimede birim zamanda harcanan ya da oluşan madde miktarındaki değişiklik, 2. $r_{H_2} = r_{Cl_2} < r_{HCl}$, 3. 2, 4. tepkimenin gerçekleşebilmesi için çarpışan taneciklerin sahip olmaları gereken minimum toplam enerji, 5. katalizörle, 6. tek basamaklıda tepkimeye girenlere/çok basamaklıda yavaş basamağın girenlerine göre, 7. katalizör hızlandırır/inhibitör yavaşlatır, 8. sıcaklık/katalizör, 9. iki kat, 10. endotermik, 11. Hız = k, 12. değiştirmez (katı), 13. 2 g/s, 14. sıcaklık/temas yüzeyi/katalizör, 15. inhibitör,

16. Hız = k. $[H_2O_2]$, 17. 1. dereceden, 18. $r_{H_2O_2} = r_{H_2O} > r_{O_2}$, 19. yarıya iner, 20. 8/3 mol/s,

21.



22. D, 23. D, 24. B, 25. B, 26. B, 27. C

6. ÜNİTE

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

s. 226 a) $K_c = \frac{[CO][H_2O]}{[CO_2][H_2]}$ b) $K_c = \frac{1}{[SO_3]}$ s. 228 a) $K_p = \frac{P_{NO}{}^4 . P_{O2}{}^3}{P_{N2O5}{}^2}$ b) $K_p = \frac{P_{CO2} . P_{H2S}{}^2}{P_{CS2} . P_{H2O}}$ s. 231 $K_c = \frac{10}{3}$

s. 235 a) I. ürünler yönüne, II. girenler yönüne, b) I. büyür, II. küçülür, s. 240/1 I. denge bozulmaz, II. girenler yönüne, III. girenler yönüne, 2. a) ürünler yönüne, b) girenler yönüne, c) ürünler yönüne, ç) denge bozulmaz, s. 247 $4x10^{-3}$ mol, 2. 10^{-8} M, s. 248 a) HF/F^-, HCN/CN^-, b) H_2CO_3/HCO_3, H_2O/OH^-, c) H_2SO_4/HSO_4, H_3O^+/H_2O, s. 252 %1,5 s. 256 a) asidik, b) asidik c) nötr, s. 259/1. 0,4 L, 2. bazik, s. 262 a) $K_{çç} = [Al^{3+}][OH^-]^3$, b) $K_{çç} = [Fe^{3+}][S^{2-}]$, s. 264/1. $9x10^{-5}$ M, 2. $27x10^{-36}$, 3. $[X^{2+}] = 2x10^{-3}$ M, $[Y^-] = 4x10^{-3}$ M, s. 266/1. a) $3x10^{-7}$ M, b) $9x10^{-12}$ M

NELER KAZANILDI?

s. 232/1. a) $K_c = [HI]^2$, b) $16x10^{-2}$, 2. 1/9, 3. $3x10^{-2}$ 4. $0,12x10^{-2}$ 5. B, 6. D, 7. D, s. 242/1. B, s. 267/1. 1, 2. a) proton (H^+) veren maddeler asit, proton (H^+) alan maddeler bazdır, b) I. $NH_4{}^+/NH_3$, H_2O/OH^- II. HCO_3^-/CO_3^{2-}, H_2O/OH^-, III. $H_3PO_4/H_2PO_4^-$, HCO_3^-/CO_3^{2-}, 3. a) $2x10^{-5}$ M, b) $4x10^{-13}$, c) 9,3 4. 13, 5. I. girenler, II. girenler, III. ürünler, IV. ürünler, V. girenler, yapılan işlemler denge sabitinin değerini değiştirmez 6. D, 7. E, 8. B

ÜNİTE BİTERKEN

BOŞLUK DOLDURMA

(a) kimyasal denge, (b) denge sabiti, (c) K_c, (ç) K_p, (d) Le Chatalier, (e) sıcaklık, (f) basınç, (g) derişim, (h) azaltacak, (ı) oto-iyonizasyon, (i) hidrojen, (j) hidroksit, (k) pH, (l) pOH, (m) Brönsted-Lowry, (n) eşlenik, (o) kuvvetli, (ö) zayıf, (p) asitlik, (r) bazlık, (s) tampon, (ş) nötralleşme, (t) titrasyon, (u) indikatör, (ü) çözünürlük çarpımı,

1. kapalı kap, sabit sıcaklık, 2. maksimum düzensizlik: moleküller arası etkileşimin en az olması, minimum enerji: düşük enerjili durum, 3. Dengeye gelmeden ileri tepkime hızı fazladır, zamanla azalır. Geri tepkime hızı düşüktür, zamanla artar. Dengede eşitlenir. 4. $K_c = \frac{[NO_2]^4}{[N_2O]^2[O_2]^3}$, b) $K_p = \frac{P_{NO_2}{}^4}{P_{N_2O}{}^2 . P_{O_2}{}^3}$, c) $K_p = K_c (RT)^{-1}$, 5. net tepkimeye göre yazılır, 6. a) ters çevrilince rasyonel sayı olarak tersi olur, bir sayı ile çarpılınca K_c'ye üs yapılır. b) çarpılır, 7. girenlere, küçültür, 8. a) gaz derişimi az olan yöne ilerler, b) K_c sıcaklığa bağlıdır, değiştirmez, 9. sadece kısa sürede dengeye ulaşmasını sağlar, 10. $H_2O(s) \rightleftharpoons H^+(aq) + OH^-(aq)$, $K_{su} = [H^+][OH^-] = 10^{-14}$, 12. a) pH : 4, b) pOH : 10, c) $[OH^-]$: $1x10^{-10}$, ç) asidik, 13. a) $PbBr_2(k) \rightleftharpoons Pb^{2+}(aq) + 2Br^-(aq)$ / $K_{çç} = [Pb^{2+}][Br^-]^2$, b) $Fe_2S_3(k) \rightleftharpoons 2Fe^{3+}(aq) + 3S^{2-}(aq)$/$K_{çç} = [Fe^{3+}]^2[S^{2-}]^3$, c) $Mg_3(PO_4)_2(k) \rightleftharpoons 3Mg^{2+}(aq) + 2PO_4^{3-}(aq)$ / $K_{çç} = [Mg^{2+}]^3[PO_4^{3-}]^2$, 14. Baz 1 + Asit 2 $\longrightarrow$ Asit 1 + Baz 2 , 15. $256x10^{-15}$, 16. $2x10^{-8}$ M, 17. $32x10^{-30}$, 18. C, 19. B, 20. A, 21. D, 22. D, 23. D, 24. E, 25. B, 26. E, 27. B, 28. C, 29. A, 30. E, 31. D, 32. A

SÖZLÜK

A

absorbsiyon : Bir maddenin ısı enerjisini alması (soğurma-emme).

ağırlık : Cismin kütlesine etki eden yer çekimi kuvveti.

aktifleşme enerjisi : Tepkimenin gerçekleşebilmesi için çarpışan taneciklerin sahip olmaları gereken minimum enerji.

alkali metaller : Periyodik sistemin IA grubunda yer alan Li, Na, K, Rb, Cs ve Fr elementlerinin özel adı.

allotrop : Aynı elementin atomlarının uzayda farklı şekillerde dizilmesi sonucunda oluşan farklı geometrik şekillerdeki kristalleri.

ametaller : Metal özelliği göstermeyen grafit hariç ısıyı ve elektriği iyi iletmeyen madde.

analiz : Bir maddenin içindeki kimyasal bileşenlerin cinsi veya miktarının belirlenmesi.

anlık hız : Tepkimenin belirli bir andaki hızı.

anyon : Nötr atom ya da atom grubunun elektron almasıyla oluşan negatif (-) elektrik yüklü kimyasal tür.

apolar molekül : Atomların dengeli elektrik yük dağılımına sahip olduğu, pozitif ve negatif kutuplara sahip olmayan molekül.

asal gaz : Periyodik sistemin VIIIA gurubunda yer alan He, Ne, Ar, Kr, Xe ve Rn elementlerinin özel adı.

asitlik sabiti (K_a) : Zayıf bir asidin iyonlaşma denge sabiti.

atmosfer basıncı : Atmosferde bulunan gazların uyguladığı kuvvet.

atom kütlesi : Bir atomun akb (atomik kütle birimi) cinsinden kütlesi.

atom numarası (Z) : Bir element atomunun çekirdeğinde bulunan pozitif yüklü protonların toplam sayısı.

atom yarıçapı : Atom çekirdeğinin merkezi ile en dış katmanı arasındaki uzaklık.

atomik kütle birimi (akb) : Karbon-12 atomunun (^{12}C) atom kütlesinin on ikide birine eşit kütle.

Aufbau Kuralı : Elektronların atom çekirdeği çevresinde enerji düzeylerine ve orbitallere dolma sırasını belirleyen kurallar.

Avogadro sayısı (N_A) : 1 mol maddede bulunan tanecik sayısı ($6{,}02x10^{23}$).

Avogadro Yasası : Sabit basınç ve sıcaklıktaki gazın miktarı ile hacminin orantılı olarak değişimini açıklayan yasa.

B

bağ enerjisi : Bir bağ oluşurken açığa çıkan veya bağı kırmak için verilmesi gereken enerji.

bağıl nem : Belli sıcaklıkta havada bulunan su buharı miktarının, havanın o sıcaklıkta taşıyabileceği en fazla su buharı miktarına oranı.

barometre : Atmosfer basıncını ölçmek için kullanılan düzenek.

basınç : Birim yüzeye dik etki eden kuvvet.

baş grup elementleri : A grubu elementlerinin adı.

baz : Sulu çözeltiye OH^- (hidroksil iyonu) verebilen madde.

bazlık sabiti (K_b) : Zayıf bir bazın iyonlaşma denge sabiti.

bileşik : Farklı elementlerin belirli oranlarda ve kimyasal yöntemlerle bir araya gelerek oluşturduğu saf madde.

Boyle Yasası : Sabit sıcaklıktaki sabit miktardaki bir gaz için hacim, basınçla ters orantılıdır.

Brown hareketi : Gaz moleküllerinin gelişigüzel, hızlı, esnek ve sürekli öteleme hareketi.

Brönsted-Lowry tanımı : Proton (H^+) veren maddeler asit, proton (H^+) alan maddeler bazdır ve asit-baz tepkimelerinde proton, asitten baza aktarılır.

buhar basıncı : Belli sıcaklıkta katı veya sıvısıyla dengede bulunan buharın yaptığı basınç.

buharlaşma : Sıvının yüzeyindeki taneciklerin sıvı yüzeyinden ayrılması.

C, Ç

Charles Yasası : Sabit basınç ve sabit miktardaki bir gazın hacmi ile mutlak sıcaklığı doğru orantılıdır.

çarpışma teorisi : Kimyasal türlerin çarpışmasını ve tepkime hızını açıklayan teori.

çökelme : Çözünmeyen katının çözeltiden ayrılması.

çökelme tepkimesi : Sulu çözeltide çözünmeyen ürün oluşturan tepkime.

çökelti : Çözünme-çökelme tepkimelerinde çözünmeyen, katı olarak çözeltiden ayrılan kısım.

çözünme : Bir maddenin başka bir madde içinde homojen (özelliği her yerinde aynı olacak şekilde) dağılması.

çözünürlük çarpımı ($K_{çç}$) : Doymuş bir çözeltide bulunan iyonların molar derişimlerinin çarpımı.

D

dalga boyu : Ardışık iki dalganın tepe ya da çukur noktaları arasındaki uzaklık.

Dalton Kısmi Basınçlar Yasası : Bir gaz karışımındaki toplam basınç, karışımdaki her bir gazın kısmi basınçlarının toplamına eşittir.

değerlik elektronları : Bir atomun kimyasal özelliklerini belirleyen, kimyasal bağ oluşumuna katılan, en dış katmanındaki elektronlar.

derişim : Çözeltinin veya çözücünün birim hacminde veya birim kütlesinde çözünmüş madde miktarı.

difüzyon : Gaz moleküllerinin aynı ya da farklı gaz molekülleri arasında yayılması.

dinamik denge : Girenlerin ürünlere dönüştüğü, aynı hızla ürünlerin tekrar girenleri oluşturduğu, ileri ve geri tepkimenin devam ettiği denge.

dipol : Elektrik yükünün dengeli olmayan şekilde dağılmış durumu.

dipol-dipol kuvvetleri : Polar moleküller arasındaki etkin kuvvetler.

donma : Sıvının ısı vererek katı hâle geçmesi.

donma noktası : Saf sıvının normal atmosfer koşullarında katı hâle geçtiği sıcaklık.

doygun buhar basıncı : Buharlaşan su miktarı ile yoğuşan buhar miktarının dengede olduğu sıradaki buhar basıncı.

E

efüzyon : Kapalı bir kapta bulunan gaz moleküllerinin küçük bir delikten boşluğa yayılması.

ekzotermik tepkime : Dışarıya ısı veren tepkime.

elektroliz : Elektrik enerjisi kullanılarak bir sıvı içinde çözünmüş bileşiklerin ayrıştırılması işlemi.

elektron : Atom çekirdeğinin etrafında bulunan, kütlesi proton ve nötronun kütlesine oranla çok az olan negatif elektrik yüklü atom altı tanecik.

elektron dizilimi : Elektronların atom çekirdeği etrafında orbitallerde düzenlenişi.

elektron ilgisi : Gaz hâlindeki nötr atomun bir elektron alarak negatif yüklü iyon oluşturması sırasındaki enerji değişimi.

elektronegatiflik : Bir atomun bağ elektronlarını kendine çekme yeteneğinin ölçüsü.

element : Kimyasal ve fiziksel yöntemlerle daha basit maddelere dönüştürülemeyen, aynı proton sayısına sahip atomlardan oluşan saf madde.

emisyon : Maddenin aldığı enerjinin bir kısmını ışıma olarak vermesi (yayınma).

endotermik tepkime : Dışarıdan ısı alan tepkime.

entalpi : Sabit basınç altında gerçekleşen bir tepkimede alınan ya da verilen ısı miktarını ifade eden termodinamik fonksiyon.

erime : Katının ısı alarak sıvı hâle geçmesi.

erime noktası : Saf katının normal atmosfer koşullarında sıvı hâle geçtiği sıcaklık.

eş değerlik noktası : Titrasyon sırasında, indikatörün renk değiştirdiği nokta.

F

fiziksel değişme : Maddenin kimlik özelliği değişmeksizin boyutu, şekli, fiziksel hâli (katı, sıvı, gaz) ve fiziksel özelliklerinin değişmesidir.

fiziksel özellik : Maddenin kimyasal yapısında değişiklik olmadan gözlenebilen veya ölçülebilen, beş duyu organı ile algılanabilen; renk, koku, esneklik, sertlik, yoğunluk, gibi özellikler.

formül : Bileşiği oluşturan atomların sembollerinin yan yana yazılması ve sağ alt köşelerine atom sayılarının veya oranlarının yazılmasıyla oluşan gösterim.

fotoelektrik olay : Işığın metal yüzeyine çarparak metalden elektron koparması olayı.

foton : Elektromanyetik ışınları oluşturan bölünmez enerji paketçikleri.

frekans : Birim zamanda belli bir noktadan geçen dalga sayısı.

G-Ğ

Gay-Lussac Yasası : Belirli miktardaki sabit hacimli gazın basıncı ile sıcaklığı doğru orantılıdır.

gaz : Maddenin belirli şekli ve hacmi olmayan en düzensiz hâli.

geçiş elementleri : Periyodik sistemin B grubunda yer alan ve hepsi metal olan elementlerin özel adı.

genleşme : Sıcaklık etkisiyle maddenin boyunda veya hacmindeki değişme.

gerçek gaz : Kinetik teorinin kabullerine uymayan gaz.

Graham Difüzyon Yasası : Gaz taneciklerinin hızı ile molekül kütleleri arasındaki bağıntıdır. Bir gaz taneciğinin hızı taneciklerin kütlesinin karekököküyle ters orantılıdır.

grup : Periyodik sistemde bir düşey sütunda yer alan ve benzer kimyasal özelliklere sahip elementler topluluğu.

H

hacim : Cismin boşlukta kapladığı yer.

halojenler : Periyodik sistemin VIIA grubunda yer alan F, Cl, Br ve I elementlerinin özel adı.

Heisenberg Belirsizlik İlkesi : Bir elektronun yerinin ve hızının aynı anda bilinemeyeceğini belirten ilke.

Hess Yasası : Kimyasal tepkimedeki toplam entalpi değişiminin ara basamaktaki enerji değişikliklerinin toplamına eşit olması.

heterojen : Bileşimi ve özellikleri her yerinde aynı olmayan.

hidrojen bağı : Elektronegatif atoma (F, O, N) bağlı hidrojenin kısmi pozitif yükle yüklenmesi sonucu, aynı veya başka tür moleküldeki ortaklanmamış elektron çifti bulunduran elektronegatif atom ile etkileşmesi sonucu oluşan moleküller arası çekim kuvveti.

hidroliz : Bir iyonun su ile tepkimeye girerek zayıf asit veya baz oluşturması.

homojen : Bileşimi ve özellikleri her yerinde aynı olan.

Hund Kuralı : Eş enerjili orbitallere elektronlar önce birer birer yerleştirilir sonra herbir orbitaldeki elektron sayısı ikiye tamamlanır.

I, İ, J

ısı : Sıcaklıkları farklı iki madde arasında alınıp verilen enerji. Maddeyi oluşturan taneciklerin toplam hareket enerjisi.

iç enerji : Bir sistemin tüm taneciklerinin kinetik enerjileri ile taneciklerin birbirleriyle etkileşmelerinden doğan potansiyel enerjinin toplamı.

iletken : Isı ve elektriği ileten madde.

indikatör : Renk değiştirerek bir maddenin asit veya bazlığını belirlemede kullanılan madde (belirteç).

iyon : Elektron alışverişi sayesinde pozitif veya negatif yükle yüklenen atom veya atom grubu.

iyon yarıçapı : İyonik bağlı bir bileşikteki bir iyonun yarıçapı.

iyon-dipol etkileşimleri : İyonik katının iyonları ile polar molekülün dipolleri arasında gerçekleşen etkileşimler.

iyonik bağ : Metal ve ametal arasında elektron alışverişi ile meydana gelen iyonlar arasındaki elektrostatik çekim kuvveti.

iyonlaşma enerjisi : Gaz hâlindeki nötr atomdan bir elektron koparmak için verilmesi gereken enerji.

K

karışım : Birden fazla maddenin tepkimeye girmeden bir arada bulunması.

katalizör : Tepkime mekanizmasını değiştiren, tepkimeyi hızlandıran ve tepkime sonunda değişmeden çıkan madde.

katı : Maddenin belirli şekli ve hacmi olan en düzenli hâli.

katyon : Nötr atom ya da atom grubunun elektron vermesiyle oluşan pozitif elektrik yüklü kimyasal tür.

kaynama : Yalnızca sıvı yüzeyinde değil sıvının her yerinde buharlaşmanın meydana gelmesi.

kaynama noktası : Sıvının yüzeyinde oluşan buhar basıncının dış basınca eşit olduğu sıcaklık noktası.

kısmi basınç : Karışımdaki bir gazın diğer gazlardan etkilenmeyen basıncı.

kimya : Maddelerin özelliklerini ve değişimini inceleyen bilim dalı.

kimyasal bağ : Aynı veya farklı cins atomları, kuvvetli etkileşimlerle bir arada tutan kuvvet.

kimyasal değişim : Maddenin yapısındaki atomların yeniden düzenlenmesiyle farklı özellikte yeni bir maddenin oluşması.

kimyasal özellik : Bir maddenin asidik-bazik özellik gösterme, yanıcı olma, tepkimeye girme isteği (aktiflik) gibi doğrudan kimliğiyle ilgili özellikler.

kinetik teori : Gazların davranışlarını açıklayan teori.

koligatif özellikler : Çözeltilerde çözünen türün (atom, iyon veya molekül) toplam tanecik sayısına bağlı olarak değişen buhar basıncı alçalması, donma noktası alçalması, kaynama noktası yükselmesi ve ozmotik basınç özellikleri.

konjuge asit-baz çifti : Bir asit ile onun hidrojen iyonunu kaybetmiş şekli olan bazının oluşturduğu çift.

kovalent bağ : İki ametal atomu arasında elektron ortaklaşması ile oluşan kimyasal bağ.

kovalent yarıçap : Ametal atomlarının tek kovalent bağ ile bağlanmasıyla oluşan moleküldeki atomların çekirdekleri arasındaki uzaklığın yarısı.

kristallendirme : Bir çözeltide, sıvının buharlaştırılarak geriye kalan yoğun çözeltiden katı kristallerin ayrılması işlemi.

kritik basınç : Kritik sıcaklıkta maddenin sıvı faza geçmesi için gerekli en az basınç.

kritik sıcaklık : Bir gazın basınç uygulanarak sıvılaştırılabileceği en yüksek sıcaklıktır.

kuantum : Enerji paketçiği.

kuantum sayısı : Bir atomdaki elektronların dağılımını açıklayan sayılar.

kuantum teorisi : Enerjinin paketler hâlinde taşındığını savunan teori.

kuvvetli asit-baz : Suda çözündüğünde %100 iyonlaştığı varsayılan asit-baz.

kütle : Değişmeyen madde miktarı.

kütle numarası : Bir atomun çekirdeğindeki proton ve nötron sayılarının toplamı.

L

laboratuvar : Çeşitli araçlar kullanılarak maddeleri ve olayları incelemek için deneylerin yapıldığı özel donanımlı yer.

lantanitler : Periyodik sistemin 6. periyodunda lantanla başlayan serideki elementlerin özel adı.

Le Chatelier İlkesi : Dengeye ulaşmış sistem koşullarına (sıcaklık, basınç, derişim) etki edildiğinde tepkimede oluşan değişmeleri inceleyen ilke.

London kuvvetleri : İndüklenmiş dipoller arasındaki moleküller arası kuvvetler.

M

madde : Boşlukta yer kaplayan ve kütlesi olan her şey.

manometre : Kapalı kaptaki gaz veya sıvının basıncını ölçmeye yarayan alet.

metal : Yüksek ısı ve elektrik iletkenliği, parlaklığı olan, bileşiklerinde pozitif yüklü iyon oluşturmaya yatkın element sınıfı.

metalik bağ : Metal atomlarını katı ve sıvı hâlde bir arada tutan güçlü etkileşimler.

mol : Avogadro sayısı ($6,02x10^{23}$) kadar tanecik (atom, molekül, iyon veya diğer tanecikler) içeren madde miktarı.

mol kesri : Bir karışım veya çözeltideki bir bileşenin mol sayısının toplam mol sayısına oranı.

mol kütlesi : Maddelerin bir molünün kütlesi.

molalite : 1 kilogram çözücüde çözünen maddenin mol sayısını belirten çözelti derişim birimi.

molarite : 1 litre çözeltide çözünen maddenin mol sayısını belirten derişim birimi.

molekül : İki veya daha fazla atomun birbirine kovalent bağlarla bağlanması sonucu oluşan kimyasal tür.

N

net tepkime : Birden fazla basamakta yürüyen tepkimelerde toplam tepkime.

normal koşul : Sıcaklığın 0 °C, basıncın 1 atmosfer (760 mmHg) olduğu koşul.

nötr : Negatif yük sayısının, pozitif yük sayısına eşit olması.

nötralleşme tepkimesi : Bir asidin bir bazla tepkimeye girerek tuz ve su oluşturduğu tepkime.

nötron : Atomun çekirdeğinde bulunan, elektrikçe yüksüz atom altı tanecik.

O, Ö

oda koşulu : Sıcaklığın 25 °C, basıncın 1 atmosfer (760 mmHg) olduğu koşul.

orbital : Atomda elektronların bulunma olasılığının yüksek olduğu bölgeler.

ortak iyon etkisi : Bir iyonu ortak olan tuzların, birlikte olduğu durumda çözünürlüklerinin azalması.

ortam : Sistemin dış tarafında kalan bölge.

ozmoz : Yarı geçirgen zardan seyreltik çözeltiden, derişik çözeltiye doğru çözücü moleküllerinin geçişi.

özkütle : Belli sıcaklık ve basınç altındaki maddenin birim hacmindeki madde miktarı.

P

parçacık : Atom altı taneciklerin (proton, nötron, elektron, gluon, graviton, lepton, foton, kuark...) genel adı.

Pauli İlkesi : Bir atomda iki elektronun aynı dört kuantum sayısına sahip olamayacağını belirten ilke.

periyodik sistem : Elementleri artan atom numarasına göre ve benzer kimyasal özellikte olanları aynı düşey sütunda olacak şekilde sınıflayan sistem.

periyot : Periyodik sistemdeki yatay satırlar.

pH : Bir çözeltideki hidronyum iyonu derişiminin negatif logaritması.

pOH : Bir çözeltideki hidroksit iyonu derişiminin negatif logaritması.

polar molekül : Yapısında kısmen pozitif ve kısmen negatif bölüm bulunduran molekül.

pozlama : Fotoğrafçılıkta fotoğraf çekme süresi boyunca ışığın uygun şekilde kullanılması.

R

reaksiyon : Maddenin farklı kimyasal kimliği olan yeni bir maddeye dönüştürülmesi.

S

saf madde : Fiziksel yollarla kendisinden daha basit maddelere ayrıştırılamayan element veya bileşik.

SI : Uluslararası birim sistemi.

sıvı : Maddenin belirli hacmi olan, belirli şekli olmayan hâli.

sistem : Evrenin incelenmek üzere seçilen sınırları belli olan bölümü.

soy gaz : Periyodik sistemin VIIIA gurubunda yer alan, reaksiyona girme eğilimi olmayan He, Ne, Ar, Kr, Xe ve Rn elementlerinin özel adı (asal gaz).

spektrum : Elektromanyetik ışınların, frekanslarına ve dalga boylarına göre düzenlenmesinden oluşan ışın dizisi.

spin : Elektronların orbitallerde birbirine zıt yönlü dönmesi.

standart koşul : bk. oda koşulu

T

tampon çözelti : Küçük miktardaki asit veya baz ilavelerinde pH değişimine karşı direnç gösteren çözelti.

temel hâl : Atomun en düşük enerjili ve en kararlı hâli.

tepkime : bk. reaksiyon

tepkime hızı : Birim zamanda tepkimeye giren maddelerin veya oluşan ürünlerin konsantrasyonundaki değişimin ölçümü.

titrasyon: : Başka bir çözelti ile tepkimeye giren çözeltinin hacmini ölçerek bileşimini analiz etme işlemi.

toprak alkali metaller : Periyodik sistemin IIA grubunda yer alan Be, Mg, Ca, Sr, Ba ve Ra elementlerinin özel adı.

tuz : Katyon ve anyondan oluşan iyonik bileşik.

U, Ü

uyarılmış hâl : Atomun temel hâlinden daha yüksek enerjili olduğu hâl.

ürün : Bir reaksiyon (tepkime) sonucu oluşan türler.

V, Y, Z

vakum : Havası boşaltılmış kap.

van der Waals kuvvetleri : Dipol-dipol, iyon-dipol, London kuvvetleri gibi zayıf etkileşimlerin genel adı.

van der Waals yarıçapı : Soy gaz atomları için katı hâlde hesaplanan yarıçap.

yarı geçirgen zar : Bazı iyon veya moleküllerin geçişine izin veren zar.

yoğunluk : bk. özkütle

zayıf asit-baz : Suda kısmen iyonlaştığı varsayılan asit ve baz.

DİZİN

KAYNAKÇA

- Atkins, P., Jones, L. (1997). *Temel Kimya Moleküller, Maddeler ve Değişimler* (1. cilt). (E. Kılıç, F. Köseoğlu, H. Yılmaz, Çev.). Ankara: Bilim Yayıncılık.
- Atkins, P., Jones, L. (1997). *Temel Kimya Moleküller, Maddeler ve Değişimler* (2. cilt). (E. Kılıç, F. Köseoğlu, H. Yılmaz, Çev.). Ankara: Bilim Yayıncılık.
- Atkins, P., Jones, L. (2013). *Genel Kimya İlkeler ve İçyüzünü Kavrama.* (A. R. Türker, Çev.). Ankara: Palme Yayıncılık.
- Chang, R. (2006). *Kimya.* (B. A. Soydan, Z. A. Aroğuz. Çev.). İstanbul: Beta.
- Chang, R., Goldsby, K. A. , (2014). *Genel Kimya.* (R. İnam, S. Aksoy, Çev.). Ankara: Palme Yayıncılık.
- Dorin, H., Demmin, P. E., Gobel, D. L. (1989). *Prentice Hall Chemistry the Study of Matter.* New Jersey:
- Herron, D. J., Kukla, A. D., Schrader, L. C., Erickson, L. S., DiSpezio, A. M. (1987). *Heath Chemistry.* Toronto: Ontario.
- Mortimer, C. E., (1993). *Modern Üniversite Kimyası* (1. cilt). (T. Altınata, Çev.). İstanbul: Çağlayan Kitabevi.
- Petrucci, R. H., Harwood, W.S., Herring, F. G. (2010). *Genel Kimya 2002.* (T. Uyar, S. Aksoy, Çev.). Ankara: Palme Yayıncılık.
- Petrucci, R. H., Herring, F. G., Madura, J. D, Bissonnette, C. (2015). *Genel Kimya İlkeler ve Modern Uygulamalar* (1. cilt). (T. Uyar, S. Aksoy, R. İnam, Çev.). Ankara: Palme Yayıncılık.
- Petrucci, R. H., Herring, F. G., Madura, J. D., Bissonnette, C. (2015). *Genel Kimya İlkeler ve Modern Uygulamalar* (2. cilt) (T. Uyar, S. Aksoy, R. İnam, Çev.). Ankara: Palme Yayıncılık.
- Sezgin, F. (2008). *İslamda Bilim ve Teknik.* (1. cilt). İstanbul: Kültür.
- Shriver, D. F., Atkins, P. W. (1999). *Anorganik Kimya.* (S. Özkar, Çev.). Ankara: Bilim Yayıncılık.

- T.C. Millî Eğitim Bakanlığı, *Ortaöğretim Kimya Dersi 11. Sınıf Öğretim Programı.* Ankara, (2018).
- Tez, Z. (2000). *Bilim ve Sanayide Kimya Tarihi.* Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.
- Toon, E. R. Ellis, G.L. (1986). *Foundations Of Chemistry.* İstanbul: Taş Yayıncılık.
- Zor, D. L. (1988). *Temel Organik Kimya* (1. cilt). Eskişehir: T.C. Anadolu Üniversitesi Eğitim, Sağlık ve Bilimsel Araştırma Çalışmaları Vakfı.

(Kaynakça APA yazım sistemi 6. sürüme göre hazırlanmıştır.)

GÖRSEL KAYNAKÇA

1. Ünite kapağı görseli: shutterstock_684520459.jpg 26 Kasım 2017 Pazar 22:49 Sayfa: 18
1.Bölüm kapağı görseli: shutterstock_742137175.jpg 27 Kasım 2017 Pazartesi 11:15 Sayfa: 21
Görsel 1.1.1: shutterstock_152333699.jpg 26 Kasım 2017 Pazar 22:43 Sayfa: 21
Görsel 1.1.2: shutterstock_475846150.jpg 26 Kasım 2017 Pazar 22:36 Sayfa: 21
Görsel 1.1.3: Görsel tasarım uzmanı tarafından çizilmiştir. Sayfa: 22
Görsel 1.1.4: Görsel tasarım uzmanı tarafından çizilmiştir. Sayfa:22
Görsel 1.1.5: Görsel tasarım uzmanı tarafından çizilmiştir. Sayfa: 22
Görsel 1.1.6: Görsel tasarım uzmanı tarafından çizilmiştir. Sayfa: 23
Görsel 1.1.7: Görsel tasarım uzmanı tarafından çizilmiştir. Sayfa: 23
Görsel 1.1.8: Görsel tasarım uzmanı tarafından çizilmiştir. Sayfa: 25
Görsel 1.1.9: Görsel tasarım uzmanı tarafından çizilmiştir. Sayfa: 26
Görsel 1.1.10: Görsel tasarım uzmanı tarafından çizilmiştir. Sayfa: 27
Görsel 1.1.11: Görsel tasarım uzmanı tarafından çizilmiştir. Sayfa: 27
Görsel 1.1.12: f orbitallerinin gösterimi Sayfa: 28
2.Bölüm kapağı görseli: Görsel tasarım uzmanı tarafından çizilmiştir.
3.Bölüm kapağı görseli: Görsel tasarım uzmanı tarafından çizilmiştir. Sayfa: 43
Görsel 1.3.1: Görsel tasarım uzmanı tarafından çizilmiştir. Sayfa: 43
Görsel 1.3.2: Görsel tasarım uzmanı tarafından çizilmiştir. Sayfa: 44
Görsel 1.3.3: Görsel tasarım uzmanı tarafından çizilmiştir. Sayfa: 44
Görsel 1.3.4: Görsel tasarım uzmanı tarafından çizilmiştir. Sayfa: 44
Görsel 1.3.5: Görsel tasarım uzmanı tarafından çizilmiştir. Sayfa: 44
Görsel 1.3.6: Görsel tasarım uzmanı tarafından çizilmiştir. Sayfa: 45
Görsel 1.3.7: Görsel tasarım uzmanı tarafından çizilmiştir. Sayfa: 48
Görsel 1.3.8: Görsel tasarım uzmanı tarafından çizilmiştir. Sayfa: 52
Görsel 1.3.9: Görsel tasarım uzmanı tarafından çizilmiştir. Sayfa: 53
4.Bölüm kapağı görseli: shutterstock_124314217.jpg 28 Kasım 2017 Salı 15:39 Sayfa: 55
5.Bölüm kapağı görseli: shutterstock_534769762.jpg 28 Kasım 2017 Salı 17:00 Sayfa: 65
2. Ünite kapağı görseli: shutterstock_396726364.jpg 10 Aralık 2017 Pazar 16:07 Sayfa: 76
1. Bölüm kapağı görseli: shutterstock_769765090.jpg 10 Aralık 2017 Pazar 15:42 Sayfa: 79
Görsel 2.1.1: shutterstock_455297419.jpg 2 Ocak 2018 Salı 12:10 Sayfa: 79
Görsel 2.1.2: Görsel tasarım uzmanı tarafından çizilmiştir. Sayfa: 80
Görsel 2.1.3: shutterstock_783249352.jpg 2 Ocak 2018 Salı 13:12 Sayfa: 81
Görsel 2.1.4: Görsel tasarım uzmanı tarafından çizilmiştir. Sayfa: 82
Görsel 2.1.5: Görsel tasarım uzmanı tarafından çizilmiştir. Sayfa: 84
Görsel 2.1.6: Görsel tasarım uzmanı tarafından çizilmiştir. Sayfa: 86
Görsel 2.1.7: Görsel tasarım uzmanı tarafından çizilmiştir. Sayfa: 88
2. Bölüm kapağı görseli:Görsel tasarım uzmanı tarafından çizilmiştir. Sayfa: 93
3. Bölüm kapağı görseli: shutterstock_365201411.jpg 10 Aralık 2017 Pazar 18:05 Sayfa: 97
Görsel 2.3.1: shutterstock_413951659.jpg 3 Ocak 2018 Çarşamba 10:08 Sayfa: 97
Görsel 2.3.2: shutterstock_438061057 11 Aralık 2017 Pazartesi 18:04 Sayfa: 98
Görsel 2.3.3: shutterstock_438061057 11 Aralık 2017 Pazartesi 18:04 Sayfa: 98
Görsel 2.3.4: Gazların difüzyon hızının ölçülmesi Sayfa:100
4. Bölüm kapağı görseli: shutterstock_771577798.jpg 10 Aralık 2017 Pazar 16:01 Sayfa: 103
Görsel 2.4.1: shutterstock_309578045.jpg 22 Ocak 2018 Pazartesi 09:41 Sayfa: 103
Görsel 2.4.2: Görsel tasarım uzmanı tarafından çizilmiştir. Sayfa: 104
Görsel 2.4.3:shutterstock_723843391.jpg 22 Ocak 2018 Pazartesi 15:39 Sayfa: 106
Görsel 2.4.4: Görsel tasarım uzmanı tarafından çizilmiştir. Sayfa: 106
Görsel 2.4.5: Görsel tasarım uzmanı tarafından çizilmiştir. Sayfa: 106
5. Bölüm kapağı görseli: shutterstock_770559082 10 Aralık 2017 Pazar 23:16 Sayfa: 109
Görsel 2.5.1: Görsel tasarım uzmanı tarafından çizilmiştir. Sayfa: 109
Görsel 2.5.2: Görsel tasarım uzmanı tarafından çizilmiştir. Sayfa: 110
Görsel 2.5.3: shutterstock_102846803.jpg 24 Ocak 2018 Çarşamba 14:00 Sayfa: 112
Görsel 2.5.4: Van Çaldıran'da kış 112

Görsel 5.2.7: Görsel tasarım uzmanı tarafından çizilmiştir. Sayfa: 207
Görsel 5.2.8:Görsel tasarım uzmanı tarafından çizilmiştir. Sayfa: 208
Görsel 5.2.9: oktaysinanoglu2-1024x576.jpg 28 Aralık 2017 Perşembe 22:07 Sayfa: 214
Görsel 5.2.10: os.jpg 28 Aralık 2017 Perşembe 20:48 Sayfa: 214
Görsel 5.2.11: tumblr_nqynli6ZXi1uzf3h5o1_1280.jpg 28 Aralık 2017 Perşembe 22:28 Sayfa: 214
6. Ünite kapağı görseli: shutterstock_494350456.jpg 4 Ocak 2018 Perşembe 20:17 Sayfa: 220
1. Bölüm kapağı görseli: yelkenli kopya.jpg 12 Ocak 2018 Cuma 19:48 Sayfa: 223
Görsel 6.1.1: shutterstock_719038189.jpg 4 Ocak 2018 Perşembe 20:11 Sayfa: 223
Görsel 6.1.2: Görsel tasarım uzmanı tarafından çizilmiştir. Sayfa: 224
Görsel 6.1.3: Görsel tasarım uzmanı tarafından çizilmiştir. Sayfa: 224
Görsel 6.1.4: Görsel tasarım uzmanı tarafından çizilmiştir. Sayfa: 224
2. Bölüm kapağı görseli: shutterstock_669165235.jpg 9 Ocak 2018 Salı 14:29 Sayfa: 233
Görsel 6.2.1: shutterstock_744578173.jpg 10 Ocak 2018 Çarşamba 12:30 Sayfa: 233
Görsel 6.2.2: shutterstock_40425838.jpg 10 Ocak 2018 Çarşamba 16:23 Sayfa: 237
3. Bölüm kapağı görseli: shutterstock_55759636.jpg 9 Ocak 2018 Salı 14:41 Sayfa: 243
Görsel 6.3.1: shutterstock_683325046.jpg 20 Haziran 2018 Çarşamba 16:25 Sayfa: 243
Görsel 6.3.2: Görsel tasarım uzmanı tarafından çizilmiştir. Sayfa: 244
Görsel 6.3.3: Görsel tasarım uzmanı tarafından çizilmiştir. Sayfa: 247
Görsel 6.3.4: Görsel tasarım uzmanı tarafından çizilmiştir. Sayfa: 248
Görsel 6.3.5: Görsel tasarım uzmanı tarafından çizilmiştir. Sayfa: 249
Görsel 6.3.6: Görsel tasarım uzmanı tarafından çizilmiştir. Sayfa: 249
Görsel 6.3.7: Görsel tasarım uzmanı tarafından çizilmiştir. Sayfa: 249
Görsel 6.3.8: Görsel tasarım uzmanı tarafından çizilmiştir. Sayfa: 249
Görsel 6.3.9: Görsel tasarım uzmanı tarafından çizilmiştir. Sayfa: 257
Görsel 6.3.10: Kitap yazım komisyonu tarafından elektronik tablolama programıyla hazırlanmıştır. Sayfa: 261
Görsel 6.3.11: Kitap yazım komisyonu tarafından elektronik tablolama programıyla hazırlanmıştır.Sayfa: 261

GENEL AĞ ADRESLERİ

- http://www.tdk.gov.tr/ 27.09.2017
- https://www.tubitak.gov.tr/ 17.12.2017
- http://www.bilimteknik.tubitak.gov.tr/ 19.10.2017
- http://web.itu.edu.tr/~ozcanm/kim/giris-1.pdf 18.11.2017
- http://www.siirt.edu.tr/dosya/personel/2016111113945685.pdf 01.11.2017
- http://www.yildiz.edu.tr/~sgunay/atommol/avagadro.html 27.10.2017
- https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/1069/mod_resource/content/1/10.%20Asit-Baz-Tuz.pdf 30.11.2017
- http://www.chemistrylearning.com/colloidal-solution-true-solution-and-suspension/ 23.11.2017
- http://www.preservearticles.com/201012281851/true-solution-differ-from-colloid-suspension.html 11.12.2017
- http://www2.uni-siegen.de/~pci/versuche/english/v44-10.html 12.12.2017
- https://www.thoughtco.com › ... › Chemistry › 30.10.2017
- https://study.com/academy/subj/chemistry.html 30.10.2017
- http://bilheal.bilkent.edu.tr/aykonu/ay2010/nisan10/dezenfektan.htm 07.11.2017
- http://www.tuketicihaklari.org.tr/ 03.11.2017
- http://www.akilciilac.gov.tr/?page_id=599 09.11.2017
- www.halksagligi.hacettepe.edu.tr/ 06.11.2017
- http://www.kimya.itu.edu.tr/TR/dosya/anorganik-bilesiklerin-adlandirilmasi/pdf.html 03.11.2017
- http://www2.gsu.edu/~mstnrhx/EnviroBio%20Projects/AcidRain/effects.html 06.09.2017
- https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/recycle/870499.pdf 01.12.2017
- https://news.yale.edu/2015/04/20/memoriam-oktay-sinano-lu-renowned-theoretical-chemist 07. 12. 2017

KAREKOD UZANTILARI

Sayfa 100: http://www.eba.gov.tr/embed.php?type=v&id=02587dc2219a355e94a80b0f7f4febd959e-df81ed6002
Sayfa 164: http://www.eba.gov.tr/video/izle/9492580b1ba310eb41ee9038dddd171821062d09c001
Sayfa 168: http://www.eba.gov.tr/video/izle/2305ed6368b4feded 52b3398f2d2232cff8b1b6014009
http://www.eba.gov.tr/video/izle/4218126ffb6c6068ecd0d6c8cf96c4cd06006bf542002
http://www.eba.gov.tr/video/izle/7486dce92b8c01e3df91050c9c6574f142689de720011

Ortalama atom kütlesi	1,0079
Element simgesi	H
Atom numarası	1
Element adı	Hidrojen

Renk	Grup
■	Ametaller
■	Alkali metaller
■	Toprak alkali metaller
■	Geçiş metalleri
■	Diğer metaller
■	Yarı metaller
■	Halojenler
■	Soy gazlar
■	Lantanitler
■	Aktinitler

1 1A	2 2A	3 3B	4 4B	5 5B	6 6B	7 7B	8 8B	9 8B
1,0079 **H** 1 Hidrojen								
6,941 **Li** 3 Lityum	9,0122 **Be** 4 Berilyum							
22,98978 **Na** 11 Sodyum	24,305 **Mg** 12 Magnezyum							
39,0983 **K** 19 Potasyum	40,078 **Ca** 20 Kalsiyum	44,9559 **Sc** 21 Skandiyum	47,88 **Ti** 22 Titanyum	50,9415 **V** 23 Vanadyum	51,9961 **Cr** 24 Krom	54,93805 **Mn** 25 Mangan	55,847 **Fe** 26 Demir	58,9332 **Co** 27 Kobalt
85,4678 **Rb** 37 Rubidyum	87,62 **Sr** 38 Stronsiyum	88,90585 **Y** 39 İtriyum	91,224 **Zr** 40 Zirkonyum	92,90638 **Nb** 41 Niyobyum	95,94 **Mo** 42 Molibden	98 **Tc** 43 Teknesyum	101,07 **Ru** 44 Rutenyum	102,9055 **Rh** 45 Rodyum
132,9054 **Cs** 55 Sezyum	137,327 **Ba** 56 Baryum *	174,967 **Lu** 71 Lutesyum	178,49 **Hf** 72 Hafniyum	180,9479 **Ta** 73 Tantal	183,85 **W** 74 Tungsten	186,207 **Re** 75 Renyum	190,2 **Os** 76 Osmiyum	192,22 **Ir** 77 İridyum
223 **Fr** 87 Fransiyum	226,0254 **Ra** 88 Radyum **	260 **Lr** 103 Lavrensiyum	261 **Rf** 104 Rutherfordiyum	262 **Db** 105 Dubniyum	263 **Sg** 106 Siborgiyum	262 **Bh** 107 Bohriyum	265 **Hs** 108 Hassiyum	266 **Mt** 109 Metneryum

*Lantanitler	138,9055 **La** 57 Lantan	140,115 **Ce** 58 Seryum	140,9077 **Pr** 59 Praseodim	144,24 **Nd** 60 Neodim	145 **Pm** 61 Prometyum	150,36 **Sm** 62 Samaryum
** Aktinitler	227 **Ac** 89 Aktinyum	232,0381 **Th** 90 Toryum	231,0359 **Pa** 91 Protaktinyum	238,0289 **U** 92 Uranyum	237,0482 **Np** 93 Neptünyum	244 **Pu** 94 Plutonyum

10	11	12	13	14	15	16	17	18
8B	1B	2B	3A	4A	5A	6A	7A	8A
								4,0026 He 2 Helyum
			10,811 B 5 Bor	12,011 C 6 Karbon	14,00674 N 7 Azot	15,9994 O 8 Oksijen	18,9984 F 9 Flor	20,1787 Ne 10 Neon
			26,98154 Al 13 Alüminyum	28,0855 Si 14 Silisyum	30,97376 P 15 Fosfor	32,06 S 16 Kükürt	35,4527 Cl 17 Klor	39,948 Ar 18 Argon
58,6953 Ni 28 Nikel	63,546 Cu 29 Bakır	65,39 Zn 30 Çinko	69,723 Ga 31 Galyum	72,61 Ge 32 Germanyum	74,92159 As 33 Arsenik	78,96 Se 34 Selenyum	79,904 Br 35 Brom	83,8 Kr 36 Kripton
106,42 Pd 46 Palladyum	107,8682 Ag 47 Gümüş	112,411 Cd 48 Kadmiyum	114,82 In 49 İndiyum	118,71 Sn 50 Kalay	121,757 Sb 51 Antimon	127,06 Te 52 Tellür	126,9045 I 53 İyot	131,29 Xe 54 Ksenon
195,08 Pt 78 Platin	196,9665 Au 79 Altın	200,59 Hg 80 Cıva	204,3833 Tl 81 Talyum	204,3833 Pb 82 Kurşun	208,9804 Bi 83 Bizmut	209 Po 84 Polonyum	210 At 85 Astatin	222 Rn 86 Radon
271 Ds 110 Darmstadtiyum	272 Rg 111 Röntgenyum	277 Cn 112 Kopernikyum	284 Nh 113 Nihonyum	289 Fl 114 Flerovyum	288 Mc 115 Moskovyum	292 Lv 116 Livermoryum	294 Ts 117 Tennessine	294 Og 118 Oganesson

151,965 Eu 63 Evropyum	157,25 Gd 64 Gadolinyum	158,92,53 Tb 65 Terbiyum	162,5 Dy 66 Disprosiyum	164,9303 Ho 67 Holmiyum	167,26 Er 68 Erbiyum	168,9342 Tm 69 Tulyum	173,04 Yb 70 İterbiyum
243 Am 95 Amerikyum	247 Cm 96 Küriyum	247 Bk 97 Berkelyum	251 Cf 98 Kaliforniyum	252 Es 99 Aynştaynum	257 Fm 100 Fermiyum	258 Md 101 Mendelevyum	259 No 102 Nobelyum